ȘTIINȚA ÎNVINGE

GALIA GRUDER



METALELE PREZENTULUI

GALIA GRUDER

METALELE PREZENTULUI

EDITURA TINERETULUI

Ilustrații de BURSCHI GRUDER
Coperta de E. ARNO

ÎN LOC DE INTRODUCERE

Metalurgia a fost știința care a însoțit pas cu pas evoluția civilizației umane, de la primele ei începuturi și pînă în zilele supunerii forței atomului.

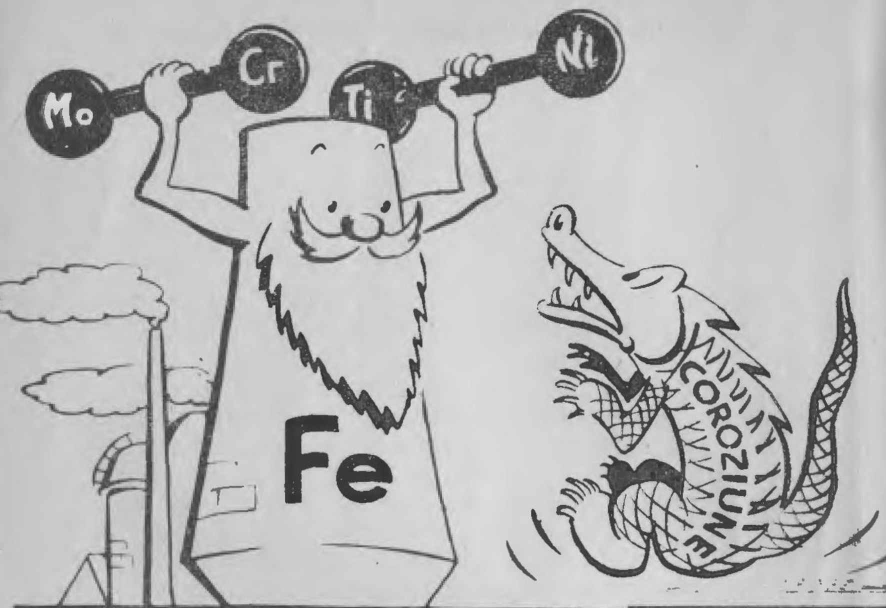
Întîi, omul a cunoscut numai metalele pe care le-a găsit în stare liberă în natură. Au urmat altele, care erau obținute cu mijloacele simple cunoscute în aceea vreme. Treptat, metalele au devenit un ajutor prețios în cele mai variate domenii de activitate. Omul, pe măsură ce ajungea să le cunoască mai bine, învăța să le prețuiască tot mai mult.

În preistorie cunoașterea metalelor a permis omului primitiv să-și părăsească vechile unelte de piatră și să treacă la o treaptă superioară a civilizației, epoca metalelor.

În zorile civilizației metalele au dus la nașterea unei adevărate arte în domeniul prelucrării lor. Minunatele podoabe, ornamente, bijuterii, din cupru, fier, bronz și aur, care au supraviețuit milenii, sînt astăzi mărturii ale civilizației popoarelor din antichitate.

Mai tîrziu, în evul mediu, mirajul „fabricării" prin forța mîinilor omenești al celui mai prețios metal cunoscut de oameni a făcut să se nască alchimia. Secole întregi alchimiștii au trăit sub fascinația ideii de a crea aurul — metalul care nu se teme de atacul celor mai puternici reactivi chimici. Visul lor nu s-a putut realiza. Dar din acumularea experienței de veacuri s-a născut și a crescut una din cele mai vaste științe moderne, chimia.

Între timp, încetul cu încetul, alte metale noi, prin utilizarea lor nu mai puțin prețioase ca aurul, completau sfera materialelor supuse de om.



Fierul: — Mă întăresc cu metale de aliere şi nu mă tem de coroziune !

A venit și secolul al XX-lea, secol în care s-au realizat visurile alchimiștilor: victoria minţii omeneşti a dus la dezvăluirea pas cu pas a tainelor naturii şi astăzi, la dorinţa omului, elementele se pot transforma unele într-altele. Trăim în secolul transformărilor radioactive, secolul supunerii energiei nucleare, în care atomul, considerat din totdeauna ca ultima celulă indivizibilă a materiei, şi-a dezvăluit uimitoarea complexitate.

În secolul energiei nucleare, prietenul bătrîn, puternic şi credincios al omului, fierul, nu a pierdut din importanţa sa. Dimpotrivă, el și-a dovedit-o mai mult ca oricînd, dar nu de unul singur. Ca nişte fortifiante puternice, ca vitaminele într-un organism viu, au pătruns între atomii fierului atomii altor elemente, făcîndu-l mai puternic, mai rezistent, mai

durabil. Duşmanul de secole al fierului, rugina, a cedat neputincioasă în faţa pavezei pe care au ridicat-o atomii metalelor neferoase şi rare: crom, nichel, mangan, vanadiu, wolfram, molibden. Cu ajutorul lor s-au născut oţelurile inoxidabile, producerea acestora însemnînd o nouă etapă de glorie în istoria metalurgiei fierului. Cu sprijinul altor metale fierul a devenit mai elastic, mai dur, mai tenace, mai rezistent la acţiunea temperaturilor ridicate.

Alături de uriaşul metalurgiei — fierul, de metalele neferoase cu o largă utilizare în secolul nostru, alte metale noi, care acum o jumătate de veac erau cunoscute doar cu numele, îşi afirmă tot mai hotărît dreptul de a figura pe locul de cinste al materialelor folosite în tehnică. Un metal tînăr, aluminiul, considerat acum 100 de ani ca metal preţios, bun pentru confecţionarea bijuteriilor, a devenit „metalul secolului XX", ocupînd prin producţia lui. al doilea loc după fier în lumea metalelor şi primul loc în familia metalelor neferoase. Alte metale tinere pătrund tot mai mult în patrimoniul tehnicii moderne.

Tehnica zilelor noastre cere mereu materiale noi. Astăzi este bine cunoscut decalajul care există între exigenţele foarte ridicate ce se pretind calităţii diferitelor materiale şi proprietăţile materialelor existente. Tehnica modernă — tehnica reactorilor nucleari şi a avioanelor cu reacţie, tehnica rachetelor teleghidate şi a sputnicilor, a radiofoniei şi televiziunii — cere mereu materiale noi, metale aproape necunoscute şi foarte puţin utilizate în trecut.

Alături de metalele preţioase şi neferoase folosite de sute de ani — aur, argint, mercur, cupru, plumb, zinc, staniu, alături de cele a căror metalurgie s-a dezvoltat încă din secolul trecut — crom, nichel, mangan etc., metalurgia secolului al XX-lea s-a îmbogăţit cu metale noi, dintre care multe, cu puţini ani în urmă erau doar curiozităţi de laborator.

Nu au trecut nici 20 ani de cînd „metalele rare" — wolfram, molibden, zirconiu, titan, beriliu, niobiu,

tantal, cesiu — erau denumite „metale ale viitorului". Insuşi numele de „metale rare" care le fusese atribuit, indica în primul rînd gradul lor redus de utilizare în tehnică.

Dar în zilele noastre, tehnica înaintează cu paşi de uriaş. Procedee noi, a căror elaborare avea loc înainte în decurs de secole, sînt create acum în timp de decenii sau de ani.

Metalele considerate nu de mult „rare" au devenit auxiliarii preţioşi ai tehnicii moderne, şi doar tradiţia istorică şi anumite caracteristici comune ale tehnologiei fac ca acest nume să mai fie folosit în zilele noastre.

Faţă de metalurgia clasică, care s-a dezvoltat pe parcursul a sute şi chiar mii de ani, metalurgia metalelor rare este o ştiinţă nouă. Producerea metalelor rare a început în momentul în care condiţiile istorice ale dezvoltării ştiinţei şi tehnicii au permis crearea unei metalurgii cu aspecte cu totul noi, rod al maturităţii şi împletirii unei serii de ştiinţe: metalurgia, chimia, fizica, electrotehnica, tehnica vidului, tehnica temperaturilor înalte. Ea s-a născut atunci, cînd, datorită nevoilor unor ramuri tinere ale tehnicii, materialele existente s-au dovedit necorespunzătoare faţă de exigenţele tot mai ridicate ale tehnologiilor moderne. Ritmul rapid de dezvoltare al tehnicii a impus crearea unor unelte de producţie mai perfecte, mai rapide, mai productive. Tehnica vidului, electrotehnica, tehnica temperaturilor foarte ridicate şi a celor foarte scăzute, au cerut şi ele materiale corespunzătoare. Radioul şi televiziunea, tehnica nucleară au necesitat metale rare de o puritate nemaiîntîlnită pînă atunci. Materiale noi, cu caracteristici excepţionale au devenit necesare pentru construirea corpului robust al sateliţilor artificiali ai pămîntului şi al rachetelor cosmice.

Şi, iată că în răstimp de mai puţin de două decenii „metalele viitorului" au devenit „metalele prezentului".

Astăzi, în numeroase uzine de pe întinsul globului, se produc mii şi zeci de mii de tone de metale rare

diferite. Despre fiecare din metalele pe care le vom întîlni în paginile următoare s-a scris o literatură de volume.

Metalele rare constituie astăzi o puternică armă în mîinile omului. Istoria lor este o minunată pagină în istoria luptei omului cu natura pentru supunerea ei, este una din verigile acestei lupte în care tehnica înaintată a triumfat asupra tuturor obstacolelor care i s-au ivit în cale.

Ea nu este numai o strălucită pagină a victoriei tehnicii. Este şi o pagină a victoriei gîndirii omeneşti, a triumfului raţiunii, perseverenţei, îndrăznelii înaripate a gîndirii creatoare, a victoriei concepţiilor noi asupra celor învechite.

Pe parcursul acestei istorii, întîlnim nume de savanţi iluştri, entuziaşti şi temerari, care şi-au închinat întreaga lor viaţă ştiinţei şi progresului. Ea este în acelaşi timp rodul muncii a mii de muncitori şi tehnicieni, al căror nume a rămas necunoscut, dar care prin munca lor neprecupeţită au deschis căile unei metalurgii noi.

În faţa asaltului ştiinţei natura şi-a dezvăluit tainele. „Bastionul inaccesibilităţii scoarţei pămînteşti" — elementele rare — au devenit prietenul şi ajutorul omului. Din dărîmăturile zidurilor „bastionului" căzut pentru totdeauna s-au extras metalele noi ale epocii noastre. Aportul lor în tehnica modernă este foarte mare, iar utilizările lor sînt nenumărate.

Ele pot deveni însă şi arme teribile, aducătoare de distrugere şi moarte. Mintea trează şi limpede a tuturor oamenilor care doresc pacea trebuie să vegheze neîncetat ca şi metalele rare, minunată cucerire a minţii omeneşti, auxiliar preţios al energiei nucleare şi în atîtea alte domenii ale ştiinţei, să rămînă pentru totdeauna un izvor de bucurii şi nu de dureri şi suferinţe.

VREMURI NOI — METALE NOI

IN DECURSUL SECOLELOR

Cu multe mii de ani în urmă omul primitiv, în luptă veşnică cu forţele naturii care-l îngrozeau şi-l copleşeau, a făcut marea descoperire care l-a însoţit de atunci de-a lungul mileniilor, tovarăş credincios şi ajutor nepreţuit — focul. Din perioada următoare descoperirii focului datează primele începuturi ale metalurgiei, ştiinţa obţinerii şi prelucrării metalelor. La început, la îndemîna oamenilor au fost numai rarele pepite din metal curat, bucăţi de aur, argint, cupru, găsite întîmplător în stare liberă în natură. Tot întîmplător au ajuns în preajma focurilor bucăţi de minereu metalic. Omul le-a folosit drept pietre pentru împrejmuirea focurilor sau pentru a-şi construi vetre primitive. Din aceste pietre descompuse de dogoarea focului sau reduse sub acţiunea cărbunilor din vatră, el a văzut pentru prima dată picurînd lacrimi fierbinţi de metal topit.

Desigur, omul primitiv nu şi-a dat seama de uriaşa însemnătate a fenomenului. Aceste prime picături de metal incandescent marcau o linie de hotar între două epoci mari din evoluţia civilizaţiei umane : epoca de piatră şi epoca metalelor.

Arheologii au stabilit că în vremuri preistorice se cunoşteau : aurul, argintul, cuprul, plumbul, staniul, fierul şi mercurul. Din bucăţi informe de metal incandescent oamenii au învăţat treptat să-şi facă unelte de lucru şi arme. Uneltele cioplite cu nesfîrşită migală din pietre dure, a căror prelucrare cerea timp îndelungat şi adeseori o îndemînare de adevărat artist, au început să piardă teren cu repeziciune. Omul a părăsit epoca pietrei şi a făcut un pas uriaş pe calea

progresului trecînd în epoca metalelor. In unele regiuni ale pămîntului, oamenii au cunoscut întîi bronzul, apoi fierul; în altele — epoca fierului a urmat direct epocii de piatră.

Numărul elementelor chimice folosite de om a crescut foarte încet. In evul mediu se cunoşteau şi se foloseau sub forma diferiţilor compuşi doar 19 elemente chimice. Se scurgeau uneori secole întregi fără ca un element nou să intre în patrimoniul omului. Din evul mediu datează descoperirea arsenului şi bismutului. Toate celelalte metale utilizate în tehnica modernă ca: aluminiul, nichelul, cobaltul, cromul, manganul, metalele din grupa platinei, precum şi cele cuprinse sub denumirea generală de metale rare, au fost obţinute cu mult mai tîrziu, atunci cînd ridicarea nivelului tehnicii a permis obţinerea acestor metale din minereuri şi compuşi chimici intermediari.



Descoperirea metalelor — un hotar între două epoci.

Este interesant de remarcat că utilizarea elementelor nu a fost determinată de răspîndirea lor : aurul și argintul se întîlnesc rar în scoarța pămîntului, omul le-a găsit însă în stare liberă în natură. In același timp aluminiul, metal ocupînd al treilea loc ca răspîndire printre elemente, a fost obținut pentru prima dată de-abia în anul 1825 și costa la început fabulos de scump.

Pe măsură ce ne apropiem de zilele noastre frecvența descoperirilor elementelor noi devine tot mai mare : dacă în secolul al XVIII-lea se cunoșteau 30 de elemente, în secolul al XIX-lea numărul lor crește considerabil. Către jumătatea secolului al XIX-lea erau cunoscute 60 de elemente chimice, din care 45 erau metale.

Alături de metalele uzuale folosite de multă vreme, a căror metalurgie era destul de dezvoltată, un număr mare de elemente noi descoperite erau încă foarte puțin cunoscute. Printre acestea sînt : litiul, beriliul, titanul, zirconiul, wolframul, molibdenul, niobiul, tantalul, uraniul. Pe cele mai multe dintre ele nimeni nu le văzuse pînă atunci în stare de metal, atît de mari erau dificultățile tehnice necesare obținerii acestor metale. Noile elemente fuseseră identificate și își primiseră numele numai datorită separării unor compuși, în general oxizi. Despre minereurile lor se știa de asemenea puțin și se formase părerea că ele sînt foarte rare în scoarța pămîntului, curiozități ale naturii, incontestabil interesante, dar fără mari șanse de a deveni vreodată folositoare. Din acea epocă datează introducerea termenului de „elemente rare", respectiv „metale rare", care a cuprins elemente cu proprietăți chimice și fizice diferite, obținute din cele mai variate materii prime.

O dată cu dezvoltarea tehnicii și cu intensificarea cercetărilor întreprinse în chimie, metalurgie, mineralogie, familia elementelor rare a continuat să se înmulțească. Dar, deși descoperirile noilor elemente se succedau cu repeziciune, ele aveau de cele mai multe ori caracterul unor descoperiri întîmplătoare. Aceasta era situația în a doua jumătate a secolului

al XIX-lea, cînd geniul marelui Mendeleev a pus ordine în haosul de cunoştinţe despre elemente acumulate de secole şi, prin aceasta, a deschis zări noi şi pentru familia metalelor rare, pentru care elaborarea legii periodicităţii a însemnat încheierea etapei descoperirilor accidentale şi trecerea la cercetări sistematice.

D. I. MENDELEEV ŞI METALELE RARE

Anul 1869 a adus o revoluţie în istoria chimiei. Mai bine zis, în primul rînd în istoria chimiei şi apoi în istoria şi dezvoltarea tuturor ştiinţelor naturii.

În luna martie a acestui an, tînărul profesor de tehnologie chimică al Universităţii din Petersburg, Dmitri Ivanovici Mendeleev, a înaintat Societăţii de Fizică şi Chimie un articol însoţit de un tabel intitulat modest „Încercare de sistematizare a elementelor bazată pe greutăţile lor atomice şi pe asemănare chimică".

Aşezînd elementele chimice în ordinea crescîndă a greutăţilor lor atomice, genialul om de ştiinţă a constatat că la anumite intervale proprietăţile elementelor se repetă. Aceasta era esenţa marii legi descoperite de Mendeleev, a legii care a făcut evidentă existenţa unei ordini în natură şi care a constituit o victorie a gîndirii materialiste în ştiinţă.

Priviţi tabloul periodic al elementelor în forma lui actuală: În edificiul împărţit în căsuţe regulate al tabloului sînt aşezate în şiruri elementele cu numerele de ordine de la 1 — hidrogenul, pînă la 102 — nobeliul.

Hidrogenul l-a cunoscut foarte bine şi Mendeleev. El e acela care i-a fixat locul de deschizător al seriei de elemente. A făcut-o cu o genială previziune ştiinţifică în epoca cînd nu se cunoştea încă nimic despre structura atomului, cu ani de zile înainte ca

fizica nucleară să demonstreze că hidrogenul este într-adevăr atomul cu structura cea mai simplă.

Ultimul element al tabloului (ultimul în clipa cînd se scriu aceste rînduri) s-a născut într-un ciclotron, cu cîțiva ani în urmă, în 1957. Numele lui e nobeliu. Zadarnic l-am căuta în vreun mineral al scoarței terestre — nobeliul este instabil, întreaga lui existență poate dura circa 10 minute, iar nașterea lui este condiționată de voința omului.

Astăzi toate căsuțele tabloului, de la 1 la 102, sînt ocupate. Nici un loc gol nu a rămas în marea familie a elementelor. Doar dincolo de nobeliu, cercetătorii prevăzători construiesc cîteva căsuțe goale notate cu numere închise în paranteză (103), (104), (105)... Ele își așteaptă locatarii.

Cu totul alta era situația acum aproape 100 de ani, cînd Mendeleev și-a început lucrările pentru sistematizarea elementelor chimice. Erau cunoscute doar 63 de elemente. După ce le-a distribuit în tablou în ordinea greutății atomice și a afinităților chimice, marelui cercetător i-au apărut evidente o serie de anomalii. Existau elemente care orînduite riguros în ordinea greutăților atomice nu prezentau o succesiune regulată a proprietăților chimice, constatată în alte grupe de elemente: Uneori creșterea greutății atomice între două elemente succesive era nejustificat de mare.

Mai dădea mult de gîndit această primă sistematizare! Și Mendeleev și-a consacrat întreaga viață completării și întregirii legii descoperite de el. Aproape 40 de ani de muncă plină de abnegație, de nopți nedormite, de călătorii obositoare în căutare de minerale — totul pentru desăvîrșirea legii periodicității care va deveni de acum încolo firul conducător în dezlegarea tainelor Universului.

Încă de la începutul lucrărilor sale Mendeleev arată că 9 elemente au greutățile atomice greșite. Cercetările confirmă în curînd această afirmație, ducînd la corectarea greutăților atomice ale uraniului, beriliului, thoriului, ceriului, indiului și a altor elemente. Prin aceasta legea lui Mendeleev se dovedește



Deocamdată nu-mi pot dezvălui identitatea

de la început un îndrumător activ în cercetarea naturii, fiind valabilă pentru toate elementele cunoscute. Mai mult decît atîta: legea arată cu precizie că mai există elemente necunoscute de om, ale căror proprietăți pot fi însă prevăzute în baza legii periodicității.

Intr-adevăr, între anii 1870—1871 Mendeleev se încumetă să facă un pas care uimește întreaga lume științifică contemporană: prezice existența și descrie proprietățile unor noi elemente chimice.

Primul element ale cărui proprietăți au fost prezise de Mendeleev pe baza legii periodicității făcea parte din grupa elementelor tetravalente. Mendeleev a așezat în tablou elementele tetravalente unul sub altul, în ordinea creșterii greutăților lor atomice: carbonul cu greutatea atomică [1] 12, apoi siliciul cu greutatea atomică 28, titanul — 50 și zirconiul — 90.

[1] Se dau greutățile atomice în valorile cunoscute pe vremea lui Mendeleev (n.a.).

Creşterea greutăţii atomice de la carbon la siliciu şi apoi de la siliciu la titan era de circa 20 de unităţi. Şi apoi — un salt dublu de circa 40 unităţi între titan şi zirconiu.

„Aici mai există un element necunoscut!" a hotărît Mendeleev, şi a lăsat o căsuţă goală în care a înscris greutatea atomică probabilă pentru noul element... X=72. Cu doi ani mai tîrziu Mendeleev a dat un nume elementului cu greutatea atomică 72 — ecasiliciu, adică analog al siliciului şi i-a descris detaliat proprietăţile.

Nedescoperit încă, ecasiliciul exista ca o realitate certă în mintea marelui savant. Descrierea proprietăţilor lui constituia de fapt o aplicare practică a legii dialectice privind trecerea schimbărilor cantitative (în cazul nostru creşterea greutăţii atomice) în schimbări calitative.

Ecasiliciul era deschizătorul unei serii de previziuni ştiinţifice fără seamăn în istoria chimiei. El a fost primul element prezis în istoria chimiei.

Bazîndu-se pe legea descoperită, geniul marelui savant continua să dezvăluie tainele materiei.

Mendeleev prevăzu existenţa unui analog al borului, ecabor şi a unui analog al aluminiului — ecaaluminiu; apoi a analogilor manganului — ecamangan şi dimangan, a cesiului — ecacesiu şi a bariului — dibariu, un şir întreg de elemente necunoscute. Singura mărturie a existenţei lor, actul lor de naştere, era deocamdată tabloul creat de geniul unui om.

Dar cine erau aceste elemente? Ce a făcut să nu fie descoperite încă? Poate cantităţile foarte mici în care se întîlnesc în natură? Poate şi alte cauze necunoscute încă?

Pe vremea întocmirii tabloului periodic se ştiau destule elemente foarte greu de identificat, greu de găsit, de separat. Se cunoşteau uraniul, ceriul, wolframul şi încă o serie de elemente din categoria metalelor rare. Cu siguranţă că elementele nedescoperite ridicau în faţa cercetătorilor probleme de acelaşi ordin, care nu au fost rezolvate pînă atunci datorită

dificultăţilor legate de obţinerea acestor elemente. Era probabil ca toate să fie elemente rare, dacă oamenii nu le descoperiseră pînă atunci.

În septembrie 1871 Mendeleev scria unui prieten: „Vreau să lucrez asupra metalelor rare şi pregătirea acestei lucrări a necesitat mult timp şi mijloace". O epocă nouă s-a deschis în istoria metalelor rare. Unul după altul noii descoperiţi intrau cuminţi pe locul fixat de Mendeleev. Cîteva din elementele semnalate au fost descoperite încă în timpul vieţii marelui savant.

În anul 1875 francezul Lecoq de Boisbaudran descoperă prin analiză spectrală un nou element pe care-l denumeşte galiu, aducînd prima confirmare strălucită previziunii lui Mendeleev: galiul era identic cu ecaaluminiul şi noul element a intrat în grupa elementelor trivalente. În 1879 suedezul Nilson descoperă ecaborul pe care-l numeşte scandiu. Iar în 1886 germanul Winkler găseşte în mineralul argirodit elementul căruia Mendeleev îi prezise un viitor deosebit — ecasiliciul, pe care în cinstea patriei sale îl denumeşte germaniu. De-abia în 1925 a fost descoperit dimanganul, care poartă astăzi numele de reniu. Era ultimul element dintre cele existente în natură care-şi ocupa locul în tabloul lui Mendeleev.

S-a lămurit şi misterul elementelor prezise de Mendeleev avînd numerele de ordine 43 — ecamanganul, 85 — ecaiodul şi 87 — ecacesiul; aceste elemente au fost sintetizate de mîna omului, ele fiind elemente instabile, radioactive, cu o existenţă scurtă.

„METAL RAR" — O NOŢIUNE ISTORICĂ

Marea grupă a metalelor rare cuprinde circa 50 de elemente, răspîndite în toate cele 7 grupe ale sistemului periodic. Reunite prin denumirea comună de „metal rar", în cadrul acestei familii se întîlnesc metale cu puncte de topire foarte ridicate, alături de

cele cu puncte de topire dintre cele mai scăzute; metale cu greutate specifică foarte mare, ca şi altele — printre cele mai uşoare din cîte există în scoarţa pămîntului; metale care formează minerale şi minereuri proprii, alături de altele dispersate în cantităţi infime în cristalele mineralelor străine. Fac parte din această grupă metale care nu se tem de atacul celor mai puternici reactivi chimici, alături de metale chimice atît de active încît trebuie păstrate cu precauţii speciale pentru a nu se aprinde spontan în aer. Numele de „metal rar" îl poartă wolframul, molibdenul, vanadiul, metale de cea mai mare importanţă tehnică, deoarece fără ele nu ar fi posibilă producerea oţelurilor speciale; dar tot metale rare sînt reniul, galiul, taliul — elemente recent intrate în folosul omului şi a căror evoluţie tehnică ne-o va arăta viitorul. Printre metale rare se numără radiul şi metalele radioactive din familia actinidelor — thoriul şi uraniul, familie care astăzi creşte mereu prin descoperirea noilor elemente artificiale. [1]

Cum se explică că un număr atît de mare de elemente atît de deosebite se găsesc reunite în cadrul aceleeaşi familii a metalelor rare?

Explicaţia o găsim în faptul că termenul de „metal rar" constituie o noţiune istorică, gruparea acestor metale în aceeaşi familie bazîndu-se în primul rînd pe condiţiile istorice în care au fost descoperite.

Majoritatea metalelor rare au intrat tîrziu în sfera elementelor cunoscute de om. Descoperite relativ recent, în decursul ultimelor 200 de ani, aceste metale au avut nevoie de o anumită perioadă pînă la elaborarea unor tehnologii potrivite, care să permită folosirea lor. Apoi, răspîndirea redusă a unora dintre metalele rare în scoarţa pămîntului şi marea dispersare în roci, precum şi dificultăţile de extragere şi obţinere în stare pură au constituit obstacole greu de

---

[1] Radiul şi metalele radioactive naturale din grupa actinidelor nu sînt cuprinse în această carte, ele formînd împreună cu metalele radioactive artificiale o grupă cu caracteristici cu totul aparte — grupa elementelor radioactive.

trecut. Dintre toate metalele pe care le vom întîlni în paginile următoare, în secolul trecut nici unul nu se producea la scară industrială. Ca adevărate rarități științifice erau arătate în sălile expozițiilor și în laboratoarele oamenilor de știință cantități de ordinul gramelor de titan, zirconiu, molibden, wolfram, niobiu, tantal, beriliu.

Numele de „metale rare“ corespundea pe atunci unei realități istorice obiective, ele erau foarte rare în mîinile omului și, în același timp, fără utilizări practice sau cu utilizări foarte reduse.

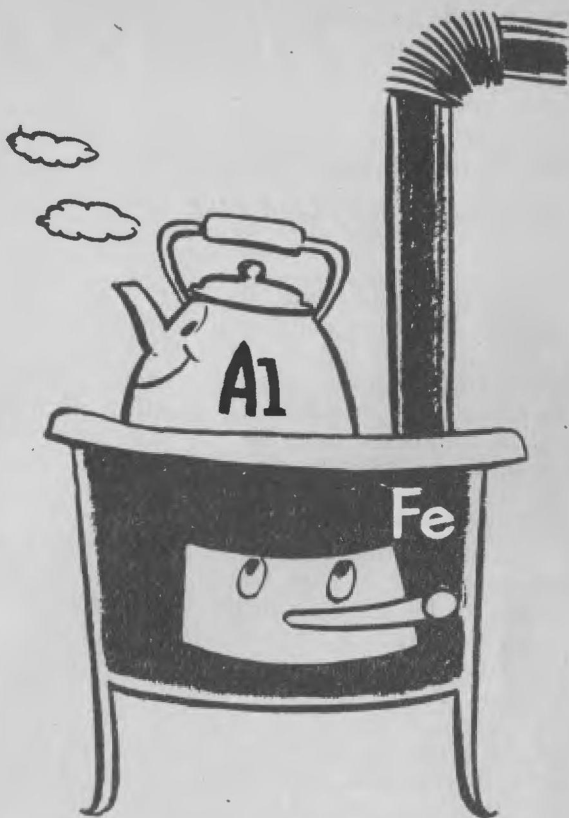
Pe măsura dezvoltării tehnicii au început să-și găsească utilizare tot mai multe metale rare. Spre surprinderea cercetătorilor, cantitățile unora dintre ele în scoarța pămîntului s-au dovedit a fi cu mult mai mari decît a unor metale uzuale bine cunoscute. Elaborarea noilor tehnologii a permis trecerea la o producție mărită, și în zilele noastre termenul de „rar“ mai reflectă de cele mai multe ori doar o tradiție istorică.

A vorbi astăzi despre aluminiu ca despre un metal rar ar putea stîrni doar rîsul. Să ne întoarcem însă cu 60 de ani în urmă :

La expoziția mondială de la Paris din anul 1900 era prezentat un metal nou, ușor, strălucitor, durabil. Se confecționaseră din el diferite bijuterii al căror preț era apropiat de al celor din aur. Metalul căruia i se făcea reclamă sub numele comercial de „argint din argilă“, considerat în acea vreme un metal rar, nu era altul decît aluminiul, același aluminiu care ocupă în prezent primul loc pe scara producției metalelor neferoase, atingînd în ultimul an o producție de peste 5 000 000 tone.

În anul 1900 aluminiul era însă metal rar fiindcă producerea lui era extrem de greoaie. În momentul cînd a fost elaborată o tehnologie adecvată, producerea prin electroliză, aluminiul a devenit în cîțiva ani un metal uzual.

Să nu uităm însă că a fost un timp în istoria omenirii cînd și fierul era considerat un metal rar !



Fierul: — Acum 3 000 de ani eram un metal prețios!
Aluminiul: — Eu acum 60 de ani eram o bijuterie!

Așadar, viața a demonstrat cu prisosință că pe măsură ce un metal rar începe să fie întrebuințat, pe măsură ce devine un material necesar în satisfacerea nevoilor omului și capătă o utilizare largă, el încetează să mai fie rar. In această privință, în zilele noastre un exemplu elocvent îl constituie titanul.

„Prin metale rare se înțeleg acele metale a căror utilizare a putut începe numai la un nivel suficient

de dezvoltat al forţelor de producţie şi care pînă în prezent se produc şi se utilizează în cantităţi relativ mici", sună o definiţie modernă a metalelor rare[1].

GEOCHIMIA ŞI METALELE RARE

Aşadar, calificativul de „rar" este trecător, din punctul de vedere al folosirii şi producerii unui metal. Dar în marea familie a metalelor rare există unele, bogat răspîndite pe întinsul planetei noastre, alături de altele care se găsesc în cantităţi de mii, sute de mii şi chiar milioane de ori mai mici. Reniul, de exemplu, se găseşte pe pămînt într-o cantitate de 100 de mii de ori mai mică decît cuprul şi de 6 000 000 de ori mai mică decît titanul.

Cum s-a ajuns să se ştie care dintre metale sînt mai răspîndite şi care sînt mai rare? Ce a făcut ca natura să fie atît de capricioasă în distribuirea lor? Aceste întrebări au frămîntat ani îndelungaţi mintea oamenilor de ştiinţă. Răspunsul nu s-a născut spontan, ci s-a conturat încetul cu încetul, rod al unei munci uriaşe şi al colaborării tuturor ştiinţelor care se ocupă cu cercetarea scoarţei pămîntului. Geologia, petrografia, mineralogia, fizica, chimia au ajutat din plin la cercetarea pojghiţei subţiri care acoperă uriaşul miez necunoscut al planetei noastre.

Căci este surprinzător cît de puţin cunoscută în adîncime este şi astăzi planeta pe care trăim. Omul a trimis în Cosmos la depărtări de sute de mii de kilometri, aparate de o complexitate uimitoare şi, în acelaşi timp Pămîntul la adîncimi mai mari de 60 km mai reprezintă şi astăzi un domeniu în care pătrund doar ipotezele ştiinţifice. Minele cele mai adînci nu depăşesc 2 500 metri. Sondele petrolifere ating 5 000 metri, o valoare lipsită de importanţă în com-

---

[1] O. A. Songhina, „Metale rare", Moscova 1955, p. 11 (n.a.).

parație cu raza pămîntului care numără 6 371 km. Numai procesele tectonice (mișcări ale scoarței terestre), permit să se arunce o privire la adîncimi mai mari. Dar și acestea nu depășesc 15—20 km, adică 0,2—0,3% din lungimea razei pămîntului. Pentru a determina însă compoziția acestei zone accesibile a planetei noastre, a fost nevoie de o muncă cu adevărat titanică.

Se punea problema analizării întregii litosfere accesibile investigațiilor noastre.

Atunci cînd se analizează o probă de ordinul gramelor, aceasta se macină fin și apoi se face analiza chimică a unei porțiuni din probă, devenită omogenă prin măcinare.

Cînd se analizează o cantitate mai mare de material, de exemplu o tonă de minereu, se face analiza unei probe medii, adică se iau probe din cîteva puncte, se macină, și se analizează o porțiune scoasă conform unei tehnici speciale.

Atunci cînd se urmărește determinarea compoziției unei porțiuni limitate din scoarța pămîntului, a unui zăcămînt de exemplu, sînt necesare zeci și sute de probe din diferite puncte care se analizează separat, pentru a se putea calcula apoi o cifră medie care indică compoziția medie a zăcămîntului.

Dar ce muncă uriașă și cîte analize sînt necesare pentru a se trage o concluzie asupra compoziției scoarței unei planete și, încă nu dintre cele mai mici cum e Pămîntul nostru!

Primele date asupra conținutului elementelor în scoarța terestră au fost publicate încă în anul 1815, ele se bazau însă pe analize incomplete. Abia în 1908 americanul F. Clarke a publicat tabele cuprinzînd date procentuale asupra răspîndirii majorității elementelor chimice. Aceste tabele erau rodul unei munci asidui de peste 40 ani, timp în care Clarke a prelucrat și a reunit într-un mic tabel de două pagini munca a mii de savanți din toate regiunile globului, a cercetat multe publicații, a recalculat mii și mii de analize a diferitelor roci. Fusese făcut



— Vă rog să-mi faceţi analiza . . . scoarţei.

un pas însemnat în domeniul cunoaşterii structurii chimice a planetei noastre.

La începutul secolului al XX-lea s-a născut o nouă ştiinţă — geochimia, ştiinţa chimiei pămîntului, care şi-a propus la început numai studierea răspîndirii atomilor în scoarţa terestră.

O importanţă hotărîtoare în dezvoltarea noii ştiinţe au avut-o savanţii sovietici, fondatorii unei concepţii noi, materialiste în geochimie. Cu o dragoste nemărginită pentru ştiinţă, cu dorinţa vie şi adîncă de a dezvălui în folosul omenirii tainele structurii chimice a planetei noastre, au lucrat neobosit marii savanţi V. I. Vernadski şi A. E. Fersman.

„Dacă nu iubiţi piatra dacă nu căutaţi s-o înţelegeţi acolo, în inima muntelui, în galerie, în mină,

dacă nu știți să-i citiți chiar în mijlocul naturii trecutul din care se naște viitorul ei, tratatele voastre științifice vor rămîne moarte, iar fostele pietre vor zăcea în dulapuri ca niște cadavre mutilate și deformate", scria academicianul A. E. Fersman [1].

Spre deosebire de alți savanți care se ocupaseră numai de distribuția atomilor în scoarța pămîntului, școala geochimiei sovietice a imprimat noii științe o direcție dinamică, înțelegînd prin aceasta că geochimia nu se ocupă numai de colectarea datelor statistice, ea cercetează evoluția în timp a legilor după care sînt distribuiți pe pămînt și în Cosmos atomii diferitelor elemente.

Folosind posibilitățile de cercetare pe care i le-a dat fizica nucleară, geochimia modernă a putut explica și cauza repartiției atît de inegale a elementelor pe pămînt și în Cosmos: răspîndirea elementelor este determinată de structura nucleelor atomilor respectivi, fiind mai răspîndite elementele cu nucleele mai stabile.

În decurs de cîțiva zeci de ani tabelele vechi au fost completate cu date noi. La propunerea lui A. E. Fersman procentele elementelor conținute în scoarța terestră au fost denumite, în cinstea lui F. Clarke, clarkuri. Astăzi se vorbește în mod uzual de clarkurile elementelor, care se dau fie în procente de greutate, fie în procente atomice (în funcție de numărul atomilor elementului respectiv în scoarța pămîntului).

Priviți cele două tabele... Din ele rezultă clar ce metale sînt rare în sens geochimic și care dintre ele sînt mai răspîndite. Rezultă, de exemplu, că aurul și mercurul, cunoscute din antichitate, sînt cu mult mai rare decît cesiul și germaniul, metale noi și încă relativ puțin utilizate.

---

1 A. E. Fersman, „Ce au povestit pietrele" Ed. Științifică, București, 1960, p. 44 (n. a.).

Clarkurile în greutate ale celor mai importante metale rare, calculate pe o adîncime de 16 km a scoarței pămîntului:

Metalul	%	Metalul	%
Titan	0,6	Germaniu	0,0007
Rubidiu	0,031	Beriliu	0,0006
Zirconiu	0,020	Hafniu	0,00032
Vanadiu	0,015	Molibden	0,0003
Litiu	0,0065	Uraniu	0,0003
Ceriu	0,0045	Taliu	0,0003
Yttriu	0,0028	Tantal	0,0002
Lantan	0,0018	Wolfram	0,0001
Galiu	0,0015	Europiu	0,00002
Niobiu	0,0010	Indiu	0,00001
Thoriu	0,0008	Reniu	0,0000001
Cesiu	0,0007	Radiu	0,0000000001

Clarkurile în greutate ale altor metale, calculate pe o adîncime de 16 km a scoarței pămîntului:

Metalul	%	Metalul	%
Aluminiu	8,6	Staniu	0,004
Fier	5,0	Plumb	0,0016
Calciu	3,5	Stibiu	0,00004
Natriu	2,5	Argint	0,00001
Magneziu	2,0	Mercur	0,000007
Mangan	0,09	Aur	0,0006005
Cupru	0,01	Platină	0,0000005
Nichel	0,008	Iridiu	0,0000001
Zinc	0,005	Rhodiu	0,0000001

Datele geochimiei aruncă o lumină nouă asupra problemei răspîndirii și obținerii metalelor rare. Omul a reușit mai de mult încă, prin munca și ingeniozitatea sa, să supună prin mijloace tehnice destul de simple metale puțin răspîndite în natură. Este adevărat că și astăzi obținerea cesiului sau a germaniului metalic este incomparabil mai grea decît bunăoară a platinei sau a mercurului, deși acestea din urmă

sînt mult mai rare în scoarţa pămîntului. Datele geochimiei arată că numeroase elemente rare există în cantităţi însemnate pe pămînt şi că nu trebuie să ne fie teamă că într-o zi vom duce lipsa lor. Tehnica modernă ne-a pus la îndemînă nenumărate mijloace pentru a face ca tot mai multe metale rare să devină metalele tehnicii moderne, metale în serviciul omului.

WOLFRAMUL

„SPUMA LUPULUI"

Seară tîrzie, cenușie de iarnă. Umbrele nopții ce se apropie învăluie încăperea, estompează formele obiectelor. Dar e suficient un simplu gest obișnuit, aproape reflex, pentru a alunga întunericul: o răsucire a comutatorului și într-o clipă lumina albă și strălucitoare a becului electric se revarsă pînă în cele mai ascunse unghere ale odăii.

Este minunea de fiecare zi a electricității, minunea becului electric — a globului transparent de sticlă, sub al cărui înveliș fragil tremură filamentul subțire de metal incandescent, dătător de lumină.

Peste tot unde se aprinde lumina becurilor electrice, începînd de la marile orașe pînă în cătunele îndepărtate, peste tot, în fiecare bec sînt prezente cîteva zecimi de gram ale metalului care formează filamentul. Metalul acesta, astăzi sol al luminii și al progresului, este unul dintre cele mai „bătrîne" metale rare, veteranul familiei, purtător al unui nume ciudat, legat de vechi legende medievale — wolframul.

Wolframul, metal greu, dur și rezistent, a marcat începutul unei adevărate revoluții în tehnica metalurgiei moderne, fiind bine cunoscut încă din evul mediu. Numai că pe atunci el nu era înconjurat de respectul și dragostea oamenilor ca în zilele noastre. Trebuiau să mai treacă sute de ani pînă la crearea tehnicii potrivite care să permită obținerea lui sub formă de metal sau aliaje. In evul mediu, pentru maiștrii topitori de metale, apariția wolframului însemna numai neplăceri și muncă irosită...

Bulgării grei, de culoare neagră sau galbenă-cenușie de minereu de wolfram, însoțeau adeseori

minereul de staniu — casiteritul. Datorită greutății lor mari, metalurgiștii scandinavi i-au botezat „tungsten", adică piatră grea.

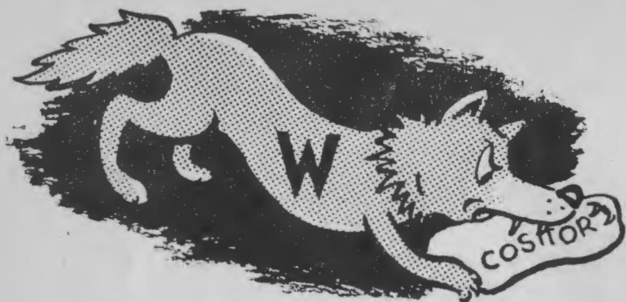
In procesul de topire al staniului, „pietrele grele" contribuiau la formarea unei spume care „înghițea" o mare parte din staniu, micșorînd extracția acestuia. „Lupi spuma" îl numește marele metalurgist al secolului al XVI-lea, Agricola, pe acest dușman al cositorului care înghițea ca un lup flămînd metalul folositor. „Wolfram" l-au numit metalurgiștii germani de la cuvintele „Wolf"-lup și „Rahm"-spumă. Sub acest nume de ocară apare unul dintre cele mai valoroase metale ale naturii într-o tipăritură datînd încă din anul 1574. Nimeni nu știa prea bine ce este „spuma lupului"; legende sumbre se creau în jurul bulgărilor grei, care cereau muncă suplimentară pentru a se alege manual de materialul util.

Treceau secole... și iată că unul dintre cei mai vestiți chimiști ai veacului al XVIII-lea, suedezul Karl Scheele, se hotărăște să cerceteze „pietrele blestemate".

In anul 1775, Scheele, deși membru al Academiei suedeze de Știință, conducea o mică farmacie în orășelul Köping. In spatele farmaciei, într-un șopron vechi, Scheele și-a instalat un mic laborator personal. Aici a făcut cele mai multe din descoperirile sale. Scheele era de o modestie uimitoare și singura lui pasiune o constituiau cercetările științifice.

„O, ce fericit sînt — îi scria în 1775 unui prieten. Nu mă preocupă nici mîncarea, nici băutura, nici locuința, nu mă preocupă nici farmacia, căci toate acestea sînt pentru mine nimicuri. Să cercetez fenomene noi aceasta este singura mea dorință. Și ce fericit este un cercetător cînd o descoperire nouă îi răsplătește munca. Inima lui este cuprinsă atunci de o bucurie adîncă."

In micul său laborator improvizat, Scheele a făcut descoperiri strălucite. In același timp cu chimistul englez Priestley, dar independent de el, Scheele a descoperit oxigenul. El a dovedit că clorul, bariul, manganul sînt elemente noi și tot el a descoperit un șir întreg de acizi organici și anorganici.



Cu trecutul învăluit în sumbre legende medievale . . .

Într-o zi a anului 1781, Schelle, analizînd „pietrele grele“, obținu o substanță nouă, necunoscută pînă atunci, pe care o numi acid tungstenic. Acidul tungstenic conținea un element nou și, prin descoperirea lui, Scheele spulbera pentru totdeauna legenda care glăsuia că „pietrele grele“ sînt un minereu alterat de cositor.

Cu doi ani mai tîrziu, doi frați, spaniolii d'Elhuyar, au confirmat descoperirea lui Scheele, obținînd dintr-un minereu negru care conținea fier și mangan, trioxidul elementului descoperit de Scheele. Ei au cercetat unele proprietăți ale noului element, căruia i-au dăruit numele german — wolfram.

Un element nou fusese descoperit. Aveau să mai treacă peste 100 de ani pînă în clipa cînd wolframul s-a transformat dintr-o impuritate disprețuită, într-unul din cele mai importante metale tehnice ale epocii noastre.

UN METAL NOU CU ISTORIE VECHE

S-ar putea crede că „metalele rare“ nu au o istorie, deoarece covîrșitoarea lor majoritate sînt un dar al tehnicii celei mai noi și au devenit accesibile și uzuale abia de cîteva decenii.

E nedrept să lipsim metalele rare de o istorie a lor. De descoperirea fiecăruia dintre ele este legată munca plină de avînt și abnegație a oamenilor de știință, pasiunea fierbinte pentru adevărul științific, hotărîrea de a împlini lacunele în cunoașterea naturii, dorința de a înzestra omul cu materiale noi.

Cîteva dintre metalele rare au într-adevăr o istorie veche de secole, ele fiind folosite sub forma diferiților compuși cu mult mai înainte de a se fi cunoscut natura chimică a acestora. Printre astfel de metale rare se numără wolframul, molibdenul, beriliul.

Am văzut că însuși numele metalului — wolfram — are o origine care se pierde în negura secolelor. Pentru metalurgiștii preocupați de obținerea cositorului, wolframul era un intrus supărător. Totuși, în aceeași epocă istorică, în alte părți ale lumii, wolframul intrase de acum în serviciul omului.

In China, care a fost dintotdeauna patria ceramicii fine, încă din evul mediu erau vestite porțelanurile de culoarea piersicii. Meșterii chinezi transmiteau din generație în generație secretul culorii neobișnuit de tandre, pe care o obțineau introducînd în rețeta porțelanului pulberea provenită prin măcinarea fină a



. . . Wolframul este astăzi un metal dătător de lumină.

unor pietre, aduse de departe, din ascunzişurile munţilor. Cercetări recente au arătat că aceste pietre erau diferite minereuri de wolfram abundente în China, a căror zăcăminte constituie astăzi una din marile bogăţii ale Chinei Populare.

Minereurile de wolfram, datorită frumoaselor coloraţii a compuşilor metalului, au fost folosite în diferite ţări ca pigmenţi, cu mult înainte de a se fi obţinut wolframul metalic. Chiar după descoperirea noului element, înainte ca acesta să fie izolat în stare pură, sărurile wolframului s-au întrebuinţat la obţinerea ţesăturilor rezistente la acţiunea focului, precum şi la îngreunarea mătăsii naturale, mărindu-i frumuseţea. Şi astăzi unele sortimente de mătase grea îşi datorează frumuseţea lor sărurilor de wolfram cu care sînt impregnate.

Aceasta a fost istoria veche a wolframului. O dată cu descoperirea lui Scheele, putem spune că în viaţa wolframului a început o epocă nouă.

TRANSFORMATORUL METALURGIEI

Wolframul a fost adeseori numit „transformatorul metalurgiei", deoarece apariţia lui pe piaţa mondială a dus în decursul ultimelor o sută de ani la o cotitură radicală în tehnica prelucrării metalelor. Datorită wolframului s-au născut, noi tipuri de oţeluri rezistente la uzură, la acţiunea temperaturilor ridicate şi a agenţilor chimici.

Construcţia maşinilor, utilajelor, agregatelor care folosesc drept material de construcţie diferite metale, implică de cele mai multe ori prelucrarea pieselor turnate prin aşchiere, adică aducerea la forma şi dimensiunea dorită prin tăierea surplusului de metal, care se face cu ajutorul maşinilor-unelte aşchietoare şi a sculelor aşchietoare. Maşinile-unelte aduc piesa prelucrată şi scula aşchietoare în mişcare relativă una

față de alta și cedează sculei puterea necesară pentru a se împlînta în piesă și a desprinde așchia de metal (șpanul). Viteza relativă de deplasare dintre piesa prelucrată și tăișul sculei tăietoare se numește viteză de așchiere și se indică de obicei în m/minut. Ea este factorul esențial care condiționează productivitatea mașinii-unelte: cu cît viteza de așchiere va fi mai mare, cu atît se vor putea prelucra într-un timp mai scurt suprafețe mai mari.

Prelucrarea metalelor prin așchiere este însoțită întotdeauna de dezvoltare de căldură, care crește cu viteza de așchiere. De pe urma căldurii dezvoltate suferă cel mai mult scula de tăiere al cărei tăiș e supus la încălzire continuă, în timp ce la piesa prelucrată locul încălzit e mereu altul. Creșterea temperaturii peste o anumită limită, pe care o poate suporta materialul de tăiere, duce la pierderea calităților acestuia, la tocire rapidă. In felul acesta, viteza de tăiere depinde de temperatura la care poate rezista materialul sculei fără să-și piardă calitățile, în primul rînd duritatea.

Așadar, duritate cît mai mare și rezistență la temperaturi ridicate! Acestea sînt calitățile indispensabile pentru o bună sculă tăietoare.

In prima jumătate a secolului trecut drept material pentru confecționarea sculelor de tăiere se utiliza oțel carbon obișnuit. Viteza de așchiere era limitată la 5 m/minut, fiindcă la temperaturi de 200—250°C cuțitele de oțel carbon își pierdeau duritatea. Aceasta se petrecea în epoca dezvoltării intense a mașinismului. Se creau utilaje noi, se dezvoltau tehnologii noi. Producția fontei și a oțelului creștea vertiginos; dar cuțitele strungurilor se deplasau mereu cu aceeași viteză, productivitatea mașinilor-unelte pentru prelucrarea metalelor rămînea țintuită în loc, din lipsa unor materiale care să permită mărirea vitezei de așchiere.

Atunci intră pentru prima dată în arena materialelor pentru scule tăietoare wolframului. In 1864, în urma adăugării în oțel a unor mici cantități de wolfram, s-a obținut oțelul autocălit Muschet. Vi-

teza de așchiere a crescut pînă la 7—8 m/minut. Astăzi această viteză ne pare foarte mică, dar acum 100 de ani ea a însemnat o adevărată cotitură în tehnica prelucrării metalelor.

Wolframul devine favoritul metalurgiștilor, metalul marilor speranțe. Se întreprind cercetări intense pentru găsirea zăcămintelor de wolfram, se elaborează tehnologiile de îmbogățire a minereurilor, se caută noi utilizări pentru compușii lui. În această perioadă se pun la punct procedeele chimice pentru obținerea unor săruri de wolfram și se elaborează obținerea fero-wolframului din minereuri îmbogățite.

Ca urmare a cercetărilor intense, în primul an al secolului nostru wolframul a intervenit pentru a doua oară în tehnica prelucrării metalelor. De data aceasta aportul său era și mai spectaculos, cu adevărat revoluționar : se realizase un oțel care își păstra duritatea pînă la 600—650°C, permițînd mărirea vitezei de așchiere la 20—30 m/minut. El a fost botezat (pe drept cuvînt pentru anul 1900!) „oțel rapid". Alături de wolfram în compoziția oțelului mai intrau cromul, vanadiul și manganul.

În urma acestei descoperiri productivitatea mașinilor pentru prelucrarea metalelor a crescut foarte mult și în pas cu ele — gloria wolframului.

Timp de 25 ani în tehnica materialelor pentru scule tăietoare aproape că n-au mai intervenit evenimente noi. Părea că s-a ajuns la limita maximă a vitezei de așchiere.

În anul 1925 s-a dovedit însă că posibilitățile pe care le oferă wolframul sînt într-adevăr uluitoare. In acest an au apărut noi scule tăietoare, care se împlîntau în metalul prelucrat cu o viteză de peste 300 metri pe minut! Temperatura cuțitului se ridica pînă la 850°C, iar duritatea lui rămînea neschimbată. Ca un tăiș de diamant „metalul dur" lua șpanul din piesă cu o viteză nemaivăzută pînă atunci. Așa i-a rămas și numele „metal dur" sau „Widia", de la cuvintele germane „Wie Diamant" — ca diamantul.

Materialul care revoluționa din nou tehnica prelucrării metalelor era tot wolframul, de data acea-

sta într-o formă nouă: se născuse carbura de wolfram, unul dintre cele mai dure și mai termostabile materiale create de om. Din carbură de wolfram s-au confecționat mici plăcuțe foarte dure, care s-au aplicat pe cuțitele de strung, formînd tăișul acestora. Carburii de wolfram i se datorează realizarea unor viteze de tăiere cu adevărat excepționale, care au atins, în urma diferitelor perfecționări aduse procedeelor de fabricație, uimitoarea cifră de 1500 m/minut.

De trei ori consecutiv wolframul își bătea propriul său record!

CUM SE CAUTĂ ACUL ÎNTR-UN CAR CU FÎN

Marea importanță a wolframului pentru dezvoltarea tehnicii a devenit evidentă încă din secolul trecut. In decurs de cîteva decenii, dintr-un element obscur, wolframul a ajuns metalul-vedetă asupra căruia s-a concentrat atenția tehnicienilor și a oamenilor de știință. A început cercetarea intensă a surselor de materii prime.

S-a constatat că minereurile de wolfram, deși se întîlnesc destul de des, în general nu formează acumulări mari. Cele mai importante minerale ale wolframului s-au dovedit a fi scheelitul — wolframatul de calciu, celebra „piatră grea" cercetată de Scheele — și wolframitul, un mineral în care wolframul este însoțit de fier și mangan.

Odată cu cercetarea zăcămintelor s-au ivit primele greutăți. Wolframul nu formează minereuri bogate. Iar să extragi un metal dintr-un material care conține zecimi sau chiar sutimi de procente din metalul căutat nu constituia o muncă ușoară.

Se impunea găsirea unor soluții cît mai economice și cît mai productive. Minereurilor de wolfram li se aplică tehnica îmbogățirii minereurilor, folosită în acea epocă pentru unele metale neferoase.

Erau cunoscute de multă vreme procedeele de îmbogățire bazate pe diferența dintre greutățile specifice ale diferitelor minerale, avînd drept consecință diferența între viteza lor de cădere în apă. Pe această proprietate se bazează procedeul vechi, de mii de ani, aplicat la extragerea aurului prin spălarea nisipurilor de pe malurile apelor curgătoare: apa ridică și antrenează părțile mai ușoare, nisipul propriu-zis, iar pe fundul ciururilor de spălare rămîn foițele mai grele de aur. Pe baza acestui principiu s-au construit diferite aparate, numite de preparare gravitațională a minereurilor. Bineînțeles că atunci cînd minereurile nu se găsesc sub formă de grăunți, proveniți din dezagregarea în decursul secolelor a rocilor compacte, ele trebuie întîi sfărîmate și măcinate. Acești grăunți se separă apoi în funcție de greutatea specifică în diferite aparate de îmbogățire gravitațională, cum sînt conurile de clasare, mesele vibratoare, spiralele de concentrare etc. Cîteodată în locul apei se folosesc lichide mai grele, iar alteori se lucrează chiar în aer.

Porțiunea de minereu în care se adună mineralul util poartă numele de concentrat. Minereurile wolframului, datorită faptului că mineralele de wolfram au o greutate specifică ridicată, se concentrează ușor prin procedee gravitaționale.

Diferite concentrate metalifere se pot obține și pe baza proprietăților magnetice diferite ale mineralelor.

Și, fiindcă am amintit de acul într-un car cu fîn, să apropiem un magnet foarte puternic de carul nostru; acesta ne-ar putea ajuta să găsim într-o clipă acul căutat, deoarece fierul care este magnetic va fi atras, în timp ce fînul rămîne nepăsător la acțiunea cîmpului magnetic format.

Atunci cînd prin fața unui magnet puternic se trece un minereu măcinat conținînd minerale, dintre care unele sînt și altele nu sînt magnetice, cele magnetice vor fi atrase iar celelalte vor cădea jos. Pe acest principiu s-au construit aparate de îmbogățire electromagnetică, care se folosesc pentru concentrarea numeroaselor metale a căror minerale au proprietăți



Sortare gravimetrică

magnetice. În cazul wolframului prepararea electromagnetică se foloseşte la separarea wolframitului magnetic de mineralele de staniu nemagnetice.

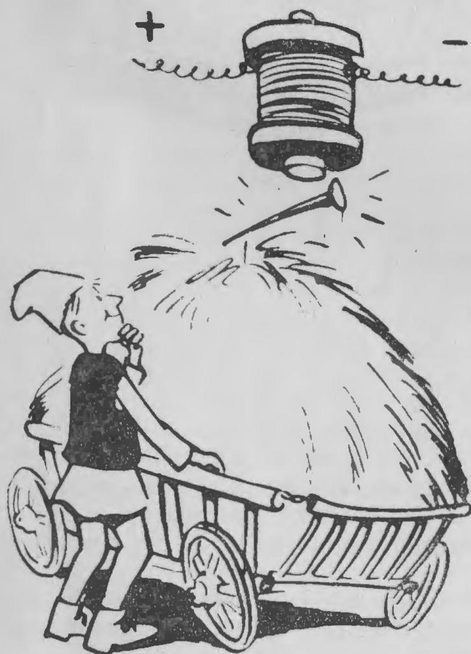
Procedeele gravitaţionale şi electromagnetice nu permit totuşi îmbogăţirea tuturor tipurilor de minereuri. Se simţea nevoia unui procedeu ieftin şi simplu, aplicabil pentru cît mai variate materii prime. Un astfel de procedeu a fost găsit, şi numele lui este flotaţie. Procedeul, dacă luăm în consideraţie primele încercări, este destul de vechi — în 1960 şi-a sărbătorit centenarul. El a fost însă perfecţionat şi a căpătat o utilizare foarte largă de-abia în secolul nostru.

Flotaţia se bazează pe un fenomen cît se poate de curios: tot ce e greu într-un minereu pluteşte la suprafaţă, iar tot ce e uşor se lasă la fund! Cu o

condiţie însă : să intervină anumiţi reactivi chimici, care se comportă diferit în funcţie de proprietăţile suprafeţelor mineralelor.

Lucrurile se petrec în felul următor. Se ia un minereu măcinat fin, se amestecă cu apa formînd o suspensie numită pulpă şi apoi se adaugă o cantitate de reactivi chimici superficial activi ce au proprietatea de a forma o peliculă foarte subţire pe grăunţii mineralului util, dar care nu acoperă grăunţii altor minerale. Se agită pulpa, suflînd prin ea bule de aer. Particulele mineralului acoperite cu pelicula de reactiv se lipesc de bulele de aer şi sînt antrenate în sus, formînd o spumă, în timp ce particulele de rocă sterilă cad la fund.

Îmbogăţirea se face în aparate numite celule de flotaţie, prin care circulă pulpa care conţine minereul măcinat. Spuma formată de bulele de aer se ridică



Sortare electromagnetică

continuu spre suprafața celulelor, antrenînd cu ea mineralul prețios. Ea se culege cu ajutorul unei lopățele și se aruncă în niște jghiaburi. În această spumă se concentrează mineralul valoros.

Flotația a devenit o adevărată știință, procedeele ei sînt variate și complexe. Pentru diferite metale se folosesc reactivi diferiți, specifici. Uneori se obțin la început concentrate complexe, conținînd mai multe minerale utile la un loc, care se flotează din nou, cu alți reactivi, în vederea obținerii așa-ziselor concentrate selective cu un singur mineral.

Un mare rol în dezvoltarea procedeelor de flotație l-a avut știința sovietică. La Conferința Internațională pentru îmbogățirea minereurilor, care a avut loc la Londra în 1960, URSS a fost denumită „liderul teoriei flotației".

Dacă ne-am oprit asupra celor mai importante procedee de îmbogățire a minereurilor, care duc la obținerea unor concentrate de zeci, iar uneori de sute și mii de ori mai bogate decît minereul inițial, trebuie să recunoaștem că n-am făcut-o numai de dragul wolframului.

Procedeele moderne de îmbogățire au pus la dispoziția tehnicii diferite căi pentru a extrage micile fărîme de metal valoros risipite în cantități uriașe de rocă. Nu o singură cale, ci multe căi pentru a găsi un ac într-un car cu fîn ! Fără procedee moderne de îmbogățire a minereurilor n-ar putea exista astăzi metalurgia celor mai multe metale neferoase și rare, sau dacă ar exista ar fi extrem de greoaie și costisitoare. Datorită dezvoltării continui a procedeelor de îmbogățire au devenit materiale utile diferite minereuri care acum 50 ani se considerau ca fiind neprelucrabile.

Wolframul a fost un beneficiar norocos al îmbogățirii : din minereuri care conțin metalul în cantități de sutimi și zecimi de procente s-a ajuns la concentrate cu 50—60% WO_3. În felul acesta a fost înlăturată una din principalele piedici în calea producției unuia dintre cele mai valoroase metale rare.

Tehnica zilelor noastre prezintă un minunat tablou al colaborării şi întrajutorării dintre diferite ramuri ale ştiinţei. In tehnica modernă nu există realizări care să fie rodul unei singure discipline ştiinţifice. Această colaborare apare uneori în domenii cu totul neaşteptate: prin intermediul feluritelor aparate, fizica s-a aliat cu medicina, iar maşinile electronice s-au împrietenit cu filologii, învăţînd să facă traduceri!

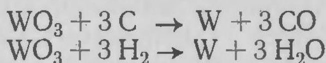
Tehnologia metalelor rare este un exemplu tipic al colaborării dintre diferite ştiinţe. In acest domeniu, mai puternic ca în alte ramuri ale metalurgiei, s-a cimentat o legătură strînsă între chimie şi metalurgie.

Cînd eşti un metal rar, de la concentrat şi pînă la lingou ai de străbătut o cale lungă! Iar această cale trece în mare parte prin domeniul chimiei.

Este drept că pentru metale rare ca wolfram, molibden, vanadiu, niobiu, titan, zirconiu, există şi o cale mai lesne de urmat — calea trecerii directe prin procedee metalurgice de la concentrate la aliaje cu fierul, feroaliaje, care se folosesc în producerea oţelurilor şi a fontelor aliate. Dar atunci cînd se urmăreşte obţinerea metalului curat, chimia nu poate fi ocolită.

Pe aceste căi ale prelucrării chimice pornesc o mare parte din concentratele wolframului. In urma operaţiilor de dezagregare a minereurilor, după repetate dizolvări, filtrări, cristalizări, se ajunge la sărurile metalului nostru, wolframaţi, sau la acid wolframic. Acidul wolframic calcinat se transformă într-o pulbere galbenă, trioxidul de wolfram WO_3. Trioxidul de wolfram se reduce în cuptoare speciale cu praf de cărbune sau hidrogen, pînă la wolfram metalic. Reacţia are loc la temperaturi în jurul a 1000°C, cînd oxigenul părăseşte molecula trioxidului formînd oxid de carbon sau apă, care se îndepărtează

din cuptor şi lasă metalul singur sub forma unei pulberi cenuşii aproape negre:



$$WO_3 + 3\,C \rightarrow W + 3\,CO$$
$$WO_3 + 3\,H_2 \rightarrow W + 3\,H_2O$$

S-ar putea crede că problema a fost rezolvată. În adevăr, aşa s-ar fi întîmplat dacă wolframul ar fi un metal cu proprietăţi obişnuite. Dar wolframul este metalul cu cel mai ridicat punct de topire dintre toate elementele sistemului periodic, 3 410°C. Cum se poate trece wolframul din pulbere în formă compactă? În ce să-l topeşti? La 3 400°C puţine metale mai sînt lichide, cele mai multe sînt în stare de vapori!

Pentru a se obţine wolfram în stare compactă, care să permită folosirea lui în tehnică, trebuiau aplicate procedee speciale.

METALURGIE ŞI CERAMICA

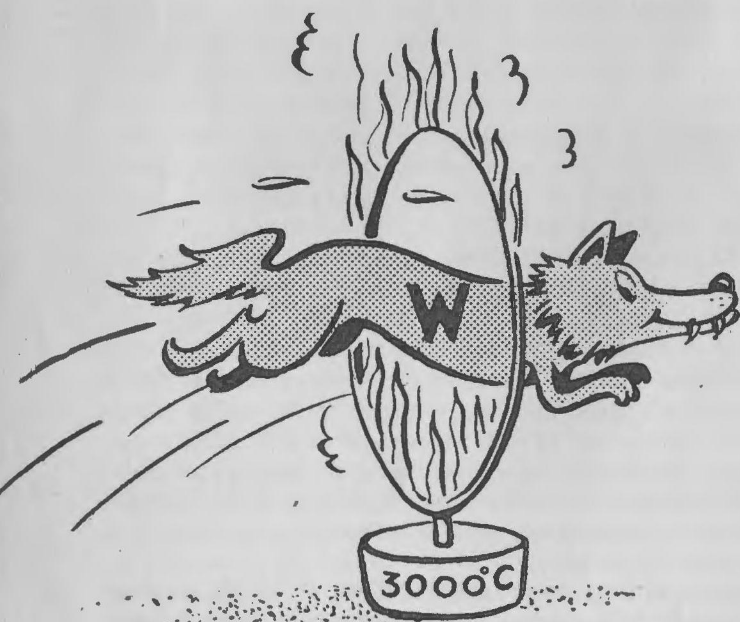
La începutul secolului al XIX-lea, savantul rus P. G. Sobolevski fusese pus în faţa unei probleme grele: în Urali se găsiseră zăcăminte mari de platină. Metalul preţios extras din minereuri prin procedee chimice, în formă de pulbere, trebuia adus în formă compactă pentru a se putea prelucra. Deoarece în stadiul din acea epocă a tehnicii nu se putea atinge temperatura de 1 770°C necesară topirii platinei, se aplica un proces anevoios, bazat pe adăugarea altor elemente care scădeau punctul de topire al aliajului format. Îndepărtarea acestor adaosuri era apoi legată de mari dificultăţi.

După ani de încercări, în 1826, P. G. Sobolevski descoperi o cale nouă pentru obţinerea în stare compactă a metalelor greu fuzibile şi întemeie o nouă

ramură a metalurgiei — metalurgia pulberilor sau metaloceramica.

Procedeele ceramicei, cunoscute de mii de ani, constau în arderea la temperaturi ridicate a unei mase formate din pulberi de argilă şi apă. Sub efectul temperaturii, particulele de lut se prind între ele, dînd o masă compactă înainte de a atinge temperatura lor de topire. Pe această cale se obţineau oale de lut ars încă în preistorie. Sobolevski a avut ideea de a aplica procedeele ceramicei în metalurgie şi, prin aceasta, a pus bazele unei tehnologii cu totul originale.

El a presat pulberea fină de platină, obţinută chimic, în matriţe metalice; sub presiune, particulele se îndesau formînd un corp destul de compact, dar



Wolframul trece cu succes bariera temperaturilor înalte.

sfărîmicios şi lipsit de rezistenţă mecanică. Era suficient să încălzeşti piesele presate la 700—1 000°C pentru ca ele să se „coacă“ întocmai ca oalele de lut, dînd obiecte compacte ce se puteau prelucra. In tehnica metalurgică procedeul de tratare termică a pieselor presate poartă numele de sinterizare.

Metalurgiei pulberilor îi datorăm obţinerea în stare compactă a wolframului, precum şi a altor metale cu punct de topire ridicat, cum sînt : molibdenul, reniul, tantalul, niobiul.

Pulberea fină de wolfram, obţinută prin procedee chimice, se presează în prese puternice, la presiuni ridicate de 2 000—6 000 kg/cm². Piesele obţinute se sinterizează în cuptoare la temperaturi de 1 300—1 400°C, în atmosferă de gaz inert, pentru a apăra metalul de acţiunea oxigenului din aer. Se obţin obiecte de formă dorită, utilizate în diferite scopuri tehnice. Cînd se urmăreşte obţinerea sîrmelor pentru scopuri electrotehnice, barele sinterizate se încălzesc la temperaturi şi mai ridicate trecînd prin ele curent electric, pentru a le face mai uşor de prelucrat.

Producerea în cantităţi mari a wolframului metalic pe calea metalurgiei pulberilor a început în primii ani ai secolului nostru.

DARURILE WOLFRAMULUI

Wolframul metalic pur are proprietăţi uimitoare. Rezistenţa la rupere a unei sîrme de wolfram atinge 400 kg pe milimetru pătrat ! Această rezistenţă wolframul şi-o menţine la temperaturi pînă la 800°C. El este şi un metal deosebit de ductil : dintr-un singur gram de wolfram se poate trage un fir de sîrmă lung de aproape 0,5 km,

Tocmai datorită marii rezistențe termice și a capacității de a se putea prelucra în fire subțiri, wolframul a devenit materialul cel mai utilizat pentru filamentele becurilor electrice. Introducerea wolframului în tehnologia becurilor datează de acum 50 de ani. Ea a constituit un puternic imbold pentru dezvoltarea metalurgiei wolframului și, fapt interesant, ea a dus la descoperirea carburii de wolfram, pe care am întîlnit-o în plăcuțele dure, folosite la prelucrarea metalelor prin așchiere.

Dezvoltarea industriei becurilor electrice impunea prelucrarea unor cantități importante de wolfram metalic în sîrme foarte fine cu diametrul de sutimi de milimetru. Wolframul fiind un metal dur, tragerea lui în fire se putea face numai prin filiere de diamant, ceea ce scumpea foarte mult costul procesului. În căutare de materiale foarte dure, avînd în același timp o rezistență mecanică ridicată, s-a descoperit că singurul material care poate înlocui diamantul în confecționarea filierelor pentru wolfram, este un compus al wolframului însuși, carbura de wolfram.

Carbura de wolfram s-a obținut prin încălzirea în cuptoare speciale, la temperaturi ridicate, a unui amestec de pulbere de wolfram și cărbune. Cristalele ei negre-cenușii au o duritate apropiată de a diamantului. Punctul de topire este ridicat, 2 800°C.

Ca și wolframul, carbura de wolfram nu se putea prelucra prin topire și turnare. Și în acest caz rezolvarea problemei obținerii unor piese compacte a adus-o tot metalurgia pulberilor.

Carbura de wolfram prezintă însă alături de o mare duritate și o mare fragilitate, sfărîmîndu-se cu ușurință. Trebuia găsită o cale ca materialele confecționate din carbură să-și piardă fragilitatea, căpătînd rezistență mecanică și, păstrînd în același timp duritatea. Aceasta s-a realizat prin amestecarea pulberii de carbură de wolfram cu pulberea unui metal mai moale și cu punct de topire mai scăzut, cobaltul.

La presare, cobaltul umple golurile dintre cristalele de carbură, iar apoi, prin sinterizare particulele celor două metale se leagă într-un tot compact, dur şi rezistent.

În 1923 au intrat în producţie filierele obţinute pe această cale, iar cu doi ani mai tîrziu aliajele dure pe bază de carbură de wolfram cucereau tehnica prelucrării metalelor prin aşchiere. În acest timp oţelurile cu wolfram îşi afirmaseră din plin excepţionalele lor calităţi — oţeluri inoxidabile, oţeluri termostabile, oţeluri cu proprietăţi magnetice speciale, oţeluri pentru diferite instrumente... Producţia concentratelor de wolfram, care la sfîrşitul secolului trecut era de cîteva sute de tone, crescu la zeci de mii de tone. Cea mai mare parte a concentratelor se foloseşte în prezent pentru obţinerea ferowolframului necesar pentru oţeluri.

Datorită proprietăţilor pe care le conferă oţelurilor, wolframul a devenit un important material strategic, folosit pentru diferite feluri de arme. În preajma celor două războaie mondiale s-a desfăşurat o adevărată goană a statelor capitaliste în vederea acaparării surselor de wolfram. Căci wolframul intră în compoziţia oţelurilor pentru tunuri, proiectile, blindaje etc. Ce păcat de cantităţile uriaşe de wolfram irosite pentru arme aducătoare de moarte, cînd în cantităţi incomparabil mai mici acest minunat metal poate aduce omenirii atîtea servicii!

Dar n-am arătat nici pe departe numeroasele întrebuinţări ale wolframului. Piese de wolfram — grile, filamente, electrozile întîlnim în diferite tuburi electronice întrebuinţate în radiotehnică, electrotehnică, instalaţii de raze X. Sîrme subţiri de wolfram intră în construcţia diferitelor aparate de măsură electrice. Sîrmele mai groase din wolfram folosite ca rezistenţe permit construirea unor cuptoare electrice în care se pot atinge temperaturi pînă la 3 000°C. Electrozii de sudură cu wolfram unesc între ele

piesele diferitelor metale. Carburile dure de wolfram forează stîncile, taie metalele, prelucrează pietrele prețioase dure, șlefuiesc cristalul.

Wolframul este un exemplu de metal rar, care prin munca perseverentă și ingeniozitatea omului, în mai puțin de 100 ani, a ajuns printre materialele de bază ale tehnicii moderne.

MOLIBDENUL

UN METAL LA ÎNALȚIME

În munții Caucazului de nord, nu departe de mărețul vîrf al Elbrusului, în regiunea zăpezilor veșnice, se ascunde înghesuit între masive stîncoase pitorescul defileu Tîrnî Auz. De aici începe urcușul către un pisc care se înalță semeț deasupra norilor, la o altitudine de peste 3 300 metri.

Din cînd în cînd zgomotul unei explozii se rostogolește peste culmi, repetat de ecou ca un tunet. Pe pantele abrupte ale piscului domnește o animație neobișnuită. Camioane grele urcă și coboară pe serpentine înzăpezite. Firele funicularelor transportă vagonete de marfă și de pasageri pînă aproape de vîrf. O cale ferată construită recent străbate defileul pînă în orașul nou construit, Tîrnî Auz.

Ne aflăm într-o stațiune alpină? Nicidecum.

Sîntem în apropierea bogatului zăcămînt metalifer, care a făcut ca numele unui metal deosebit de prețios pentru tehnică să fie atribuit unuia dintre cele mai pitorești vîrfuri ale munților Caucaz — Vîrful Molibden.

Nici un alt metal din tabloul lui Mendeleev nu și-a înscris numele în geografie la înălțime atît de amețitoare!

Descoperirea zăcămîntului de molibden din munții Caucazului este legată de... găsirea unei sticle sigilate!

O întîmplare neobișnuită, ca în romanele de aventuri cu pirați și naufragii: în anul 1934 un grup de geologi sovietici au găsit o sticlă sigilată conținînd un mesaj. Sticla nu plutea pe valuri — cum se întîmplă de obicei în astfel de ocazii — ci era bine



În antichitate sulfura de molibden se folosea la scris.

prinsă în spărtura unei stînci. Cît priveşte conţinutul mesajului, acesta respecta toate regulile romanelor de aventuri: indica existenţa unei comori.

Mesajul data încă dinaintea Marii Revoluţii Socialiste din Octombrie, iar semnatarul lui se declara prin acest document nu mai puţin decît... posesorul unic al unui munte din apropiere, conţinînd bogate zăcăminte de plumb.

Muntele a fost numaidecît cercetat de geologi. El este actualul Molibden, numit astfel după zăcămintele metalului pe care-l ascunde în stîncile lui.

Nu trebuie să-l judecăm prea sever pe primul descoperitor pentru confuzia făcută; însuşi numele de molibden provine de la grecescul „molibdos", care înseamnă plumb. Cristalele plumburii unsuroase ale sulfurii de molibden (molibdenit) seamănă atît de mult cu cele ale sulfurii de plumb (galenă), încît au creat o confuzie care a dăinuit mii de ani.

Ca şi wolframul, molibdenul este un metal nou cu o istorie veche. Denumirea de „molibdaena" se întîlneşte în lucrarea „De re metalica" scrisă în seco-

lul al XVI-lea de Agricola. Numai că prin „molibdaena“ Agricola înţelegea galena, adică sulfura de plumb.

Confundat mereu cu plumbul, apoi descoperit, dar neputînd fi utilizat datorită dificultăţilor tehnice pe care le implica extragerea lui din minereu, molibdenul a rămas în afara familiei metalelor uzuale pînă la sfîrşitul secolului trecut; cînd, într-un timp scurt, a pătruns impetuos în diferite ramuri ale tehnicii, devenind alături de wolfram un metal de primă importanţă.

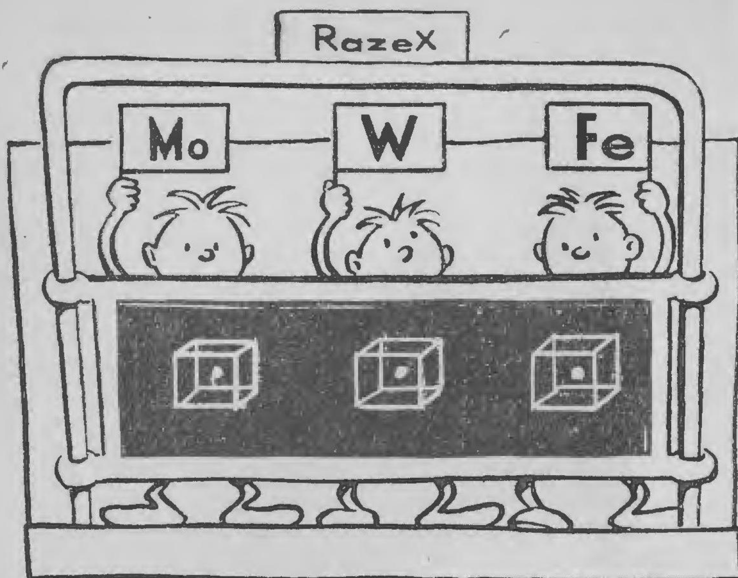
„VIEŢI PARALELE“ ÎN METALURGIE

În secolul I al erei noastre marele istoric al antichităţii Plutarh a scris celebra sa lucrare intitulată „Vieţi paralele“. Plutarh a tratat vieţile unui şir de oameni iluştri ai lumii antice, Romulus şi Teseu, Numa şi Licurg, Alexandru şi Cezar — căutînd să arate că, cu toate asemănările şi deosebirile pe care le prezintă, vieţiile lor s-au desfăşurat pe făgaşuri paralele. Privite prin prizma istoriei, aceste paralele ne apar astăzi oarecum forţate.

Să nu ne surprindă aşadar, că un metalurgist citind „Vieţile paralele“ a exclamat că găseşte mai multă asemănare între wolfram şi molibden decît între Alexandru şi Cezar!

Într-adevăr, wolframul şi molibdenul sînt fraţi buni. Amîndouă metalele fac parte din grupa VI-a a sistemului periodic, amîndouă sînt metale tipice greu fuzibile. Molibdenul se topeşte ce e drept, mai jos decît wolframul, la 2 620°C.

Ca şi wolframul, molibdenul a fost cunoscut sub forma compuşilor săi, cu mult înainte de a se fi obţinut în stare metalică. Analiza oţelului vestitelor spade japoneze, datînd din evul mediu, a arătat că aceste oţeluri conţineau ca metal de aliere molibden.



— Cristalele noastre au aceeaşi formă!

Întocmai ca wolframul, molibdenul a intrat în lumea elementelor chimice datorită talentului ştiinţific al aceluiaşi savant: Karl Scheele, în 1778, tratînd mineralul molibdenit cu acid azotic, a căpătat un precipitat alb — acidul molibdenic. Ceva mai tîrziu, în anul 1782 au fost obţinute prin reducere cu cărbune primele fărîme de molibden metalic: pulbere neagră, fragilă, care nu se putea prelucra. Abia peste 100 de ani, în anul 1893, Henri Moissan a reuşit să producă într-un cuptoraş cu arc electric cîteva grame de molibden topit.

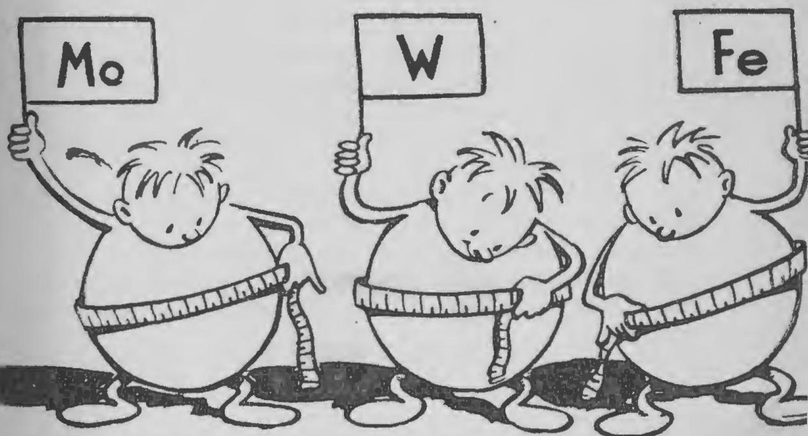
Dar, ca şi wolframul, molibdenul a pătruns în tehnică înainte de a se fi elaborat procedeele de obţinere pentru metalul pur; aceasta a făcut-o prin intermediul feromolibdenului, rezultat direct din concentrate. Concentratele de sulfuri sau sărurile obţinute chimic se topesc în cuptoare electrice în prezenţa

fierului, sub o zgură care se formează în urma adăugării unor fondați. Cea mai mare parte a molibdenului se dizolvă în topitura de fier, dînd feromolibdenul.

Feromolibdenul, ca și alte feroaliaje cu metale rare, servește apoi ca o „cămară" în care se păstrează molibdenul necesar obținerii oțelurilor aliate. În funcție de necesități, în procesul de elaborare al oțelurilor, se adaugă cantități variabile de feromolibden, care aduc cu ele atomii prețiosului metal rar.

Aceleași calități care au dus la faima oțelurilor cu wolfram le întîlnim și la cele cu molibden: și ele se prelucrează foarte bine la cald, rezistă la acțiunea temperaturilor ridicate, au o bună rezistență mecanică. Ca și wolframul, molibdenul este foarte prietenos cu alte metale și își manifestă mai pregnant calitățile în oțeluri atunci cînd e întovărășit și ajutat de crom, nichel, vanadiu.

Este interesant faptul că molibdenul s-a afirmat în tehnică mai tîrziu decît wolframul și tocmai datorită marii prețuiri pe care o avea acesta. Fiind cunoscută apropierea chimică dintre cele două metale, în urma descoperirii unor zăcăminte foarte întinse de molibden în America de nord, s-a încercat o în-



— Și razele noastre atomice sînt apropiate. De aceea ne aliem ușor.

locuire a wolframului cu molibden. Rezultatele au fost de-a dreptul surprinzătoare, calitățile oțelurilor cu molibden întrecînd în unele cazuri pe ale celor cu wolfram!

În ceea ce privește mineralele, „viețile paralele" ale celor două metale se despart pe drumuri diferite: wolframul este prieten bun cu oxigenul și se întîlnește de obicei combinat cu acesta în minereuri, în timp ce molibdenul preferă tovărășia sulfului. Singurul mineral industrial de molibden este sulfura, MoS_2. Dar, calea care duce de la minereuri de molibden cu un conținut de metal de obicei sub 1% pînă la concentrate de sute de ori mai bogate, este aceeași ca și în cazul wolframului — prin spuma densă a celulelor de flotație.

Rolul de transformator al metalurgiei pe care l-am atribuit wolframului, poate fi revendicat pe drept cuvînt și de către molibden.

„Wolframul a adus la viață aliajele dure și puternica tehnică a tăierii metalelor. Wolframul și molibdenul au creat sute de noi feluri de oțeluri nemaicunoscute ca rezistență mecanică, oțeluri termostabile pentru plăci blindate, arcuri etc. Minunea metalurgiei superioare din secolul al XX-lea se datorește în bună parte wolframului și molibdenului[1]".

Metalurgia aliajelor cu molibden s-a dezvoltat cu pași repezi în preajma primului război mondial. Ca și wolframul, molibdenul a avut trista soartă de a fi larg utilizat în oțeluri folosite pentru confecționarea diferitelor tipuri de arme de luptă.

În producția pașnică, oțelurile cu molibden și-au găsit utilizare în construcția de mașini, motoare termice, avioane, aparate de precizie etc.

Și astăzi cca 90% din producția mondială a molibdenului se utilizează pentru obținerea oțelurilor speciale.

Producția molibdenului metalic a început mai tîrziu decît a aliajelor sale, cam în același timp cu

---

1 V. Florov și R. Iutkievici, „Metalele viitorului", București, Cartea Rusă, 1946, p. 28 (n.a.).

a wolframului, fiind bazată în faza metalurgică pe o tehnologie analoagă. Diferă doar procedeele chimice, care duc la obținerea compușilor metalului, de obicei a molibdatului de calciu. Acesta se poate folosi ca atare pentru obținerea aliajelor, sau se trece în acid molibdenic, din care se obține molibden metalic pe calea metalurgiei pulberilor.

De acum încolo, drumul de la intrarea în cuptorul de reducere al acidului molibdenic și pînă la lingoul de molibden metalic urmează întocmai calea parcursă de wolfram: obținerea pulberii, presarea, prima sinterizare, a doua sinterizare sub efectul curentului electric, prelucrare mecanică. Cu alte cuvinte, calea obișnuită a metalurgiei pulberilor.

În ultimul timp, metalurgia pulberilor începe să nu mai fie stăpîna atotputernică în domeniul metalelor rare greu fuzibile.

Procedee noi, elaborate pentru metalele greu fuzibile din grupele a IV-a și a V-a, încearcă să se instaleze în uzinele de obținere ale molibdenului și îndrăznesc să-și propună serviciile, timid deocamdată, chiar și în metalurgia metalului cu cel mai ridicat punct de topire, wolframul. Este vorba de tehnica topirii metalelor în cuptoare cu arc electric sau în cuptoare cu inducție, încălzite sub efectul curenților electrici de înaltă frecvență. În astfel de cuptoare se pot topi cele mai greu fuzibile metale. Iar pentru ca acestea să nu-și altereze calitățile prețioase în contact cu aerul, noile procedee vin cu aliații lor: atmosfera de gaze inerte sau lipsa aproape totală de atmosferă, adică un vid cît mai înaintat. Dar pe acești aliați îi vom reîntîlni în curînd, și vom avea ocazia să-i cunoaștem mai bine.

Punctul de topire ridicat, o bună conductibilitate electrică, posibilitatea de a fi prelucrat în sîrme, foi, panglici, au făcut ca molibdenul metalic să capete o largă utilizare în tehnica vidului și în industria electrotehnică. Din molibden se confecționează sîrme pentru susținerea filamentelor de wolfram în

becuri electrice, grilele lămpilor electronice, piese pentru tuburi Roentgen. Sîrmele, panglicile şi barele de molibden se utilizează ca rezistenţe pentru cuptoare electrice.

Ca şi wolframul, molibdenul formează cu carbonul un produs dur, carbura de molibden, avînd un punct de topire ridicat: 2700°C. Utilizările ei, deşi mai reduse, sînt asemănătoare celor ale carburii de wolfram. Pentru obţinerea aliajelor dure carbura de molibden se asociază de obicei cu carbura de titan.

Acum ar mai putea spune cineva că wolframul şi molibdenul nu sînt un exemplu elocvent de „vieţi parelele“ în metalurgie?

RENIUL

CEL MAI TÎNĂR DINTRE METALELE RARE

„Aici, în tabloul periodic al elementelor, lipsește cu siguranță un element" a spus încă în 1870 Dmitri Ivanovici Mendeleev și a scris în căsuța lăsată liberă: Nr. 75.

„Nr. 75" este un analog al manganului și-l vom numi deocamdată „trimangan", a precizat Mendeleev peste un an. Iar mai tîrziu tot el i-a schimbat numele în dimangan.

Unul după altul se descopereau elementele prezise de creatorul tabloului periodic: în 1875 — ecaaluminiul, în 1879 — ecaborul, în 1886 — ecasiliciul „Nr. 75" se lăsa așteptat. Treceau ani și zeci de ani. În sfîrșit, în 1925 apăru pe lume ultimul dintre elementele existente în natură care mai lipsea din tabloul lui Mendeleev, purtătorul numărului 75.

Tînărul element a fost botezat reniu, în cinstea fluviului Rin (Rhein în limba germană) și plasat în căsuța vacantă a grupei a VII-a a elementelor.

Ca orice mezin într-o familie numeroasă, noul născut s-a văzut înconjurat numaidecît de o atenție deosebită. Microscoapele, spectroscoapele, aparatele Roentgen își concentrară luminile asupra reniului, făcînd ca noul element să-și dezvăluie repede tainele.

În curînd rezultă că reniul este un element cu adevărat rar. Clarkul răspîndirii lui este foarte scăzut, numărîndu-se printre cele mai mici dintre toate elementele tabloului periodic. Pe lîngă faptul că se găsește în cantitate atît de mică în natură, reniul mai prezintă o particularitate care a constituit una din principalele piedici în calea cunoașterii acestui



Reniul, însoțitorul molibdenului.

metal. Reniul nu formează minerale proprii. El se întîlnește în natură doar ca însoțitor al altor elemente.

Cînd am urmărit drumul aerian al funicularului care ducea bulgării de molibdenit de pe piscul înzăpezit al muntelui pînă la defileul Tîrnî Auz, am urmărit totodată și drumul reniului. Căci natura i-a oferit molibdenului în persoana reniului un însoțitor aproape permanent, dar în același timp atît de discret, încît foarte multă vreme nici cei mai buni specialiști în metalurgia molibdenului nu i-au putut bănui prezența. Intr-adevăr, nu e simplu să descoperi cîteva grame de reniu într-o tonă de molibdenit! In sulfurile de cupru, zinc, plumb, pe care le însoțește uneori, conținutul lui este și mai mic.

Aceasta a făcut ca în primii ani ai vieții reniului, metalurgiștii și chimiștii să se mulțumească doar cu cîteva miimi de gram ale noului element.

La început reniul „creștea în greutate" extrem de încet: 0,02 g în anul 1926, 0,12 g în 1927, 1 g în 1928! Pentru obținerea primului gram de reniu

s-au prelucrat nu mai puţin de 660 kg molibdenit cu 0,0002% reniu.

Dar cu mijloacele ştiinţei moderne „caracterul" unui element poate fi studiat chiar pe fracţiuni de gram. Atunci cînd ai norocul să te naşti în anul 1925, nu trebuie să aştepţi ani îndelungaţi pentru a te face apreciat.

Reniul a avut posibilitatea să-şi arate foarte curînd o serie de proprietăţi remarcabile. Concluzia era clară : un metal atît de valoros nu poate să rămînă nefolosit. Se impunea găsirea unor procedee de extragere aplicabile în industrie. O împrejurare prielnică veni în sprijinul cercetătorilor : în procesul de obţinere al molibdenului din molibdenit, mai mult ca în cazul altor sulfuri, reniul se concentrează în deşeurile de fabricaţie, în special în pulberile volatile provenite din prăjirea concentratelor.

Deşeurile, aruncate altădată, devin o materie primă preţioasă pentru metalul nostru dispers, unul dintre cele mai puţin răspîndite elemente de pe întinsul pămîntului.

Reniul nu este singurul metal în această situaţie. Vom întîlni în drumul nostru şi alte metale rare disperse, care fac ca grămezile de deşeuri, nevalorificate înainte, să devină cu adevărat preţioase. Printre ele se numără germaniul, galiul, indiul, taliul. Comori antrenate de gaze în drum spre coşuri, comori înecate în nămoluri !

Chimiştii şi metalurgiştii au găsit procedeele de extragere ale sărurilor reniului din subprodusele metalurgiei molibdenului, cuprului şi altor metale neferoase. Din aceste săruri s-a obţinut reniul metalic pulverulent. De aici înainte calea pe care a mers tînărul metal este bine bătătorită de numeroşi predecesori din familia metalelor greu fuzibile : strînse în prese, coapte în cuptoare, retopite în vid, s-au născut întîi primele kilograme, iar apoi primele tone de reniu metalic. Drumul noului metal către tehnică era deschis.

— Acum, tinere, te-ai născut cu adevărat — i-au spus metalurgiştii reniului. Să vedem cum ai să ne răsplăteşti truda.

Ca orice nou născut reniul a fost dus în primul rînd la cîntar. Aici a provocat o surpriză neaşteptată :

— Voinic mai e! au declarat metalurgiştii. Şi pe drept cuvînt.

Aţi încercat vreodată surprinderea pe care o au cei neobişnuiţi cu manipularea mercurului, dorind să ridicaţi un borcan cu mercur de un litru? Căci un litru de mercur cîntăreşte 13,4 kg, ceea ce pare extrem de mult faţă de volumul mic pe care-l ocupă. Reniul are însă o greutate specifică aproape de două ori mai mare ca a mercurului, 21,02. El este unul dintre cele mai grele metale, fiind întrecut numai de platină (greutate specifică 21,45) şi osmiu (greutate specifică 22,48).

Reniul s-a născut în aceeaşi uzină cu molibdenul. Alături de sutele de lingouri strălucitoare de molibden a apărut într-o zi primul lingou de reniu. De dragul acestui prim mic lingou au trebuit să fie amenajate cuptoare speciale, în care să poată fi atinse temperaturi mai ridicate. Căci reniul are un punct de topire de peste 400° C, mai ridicat decît molibdenul.

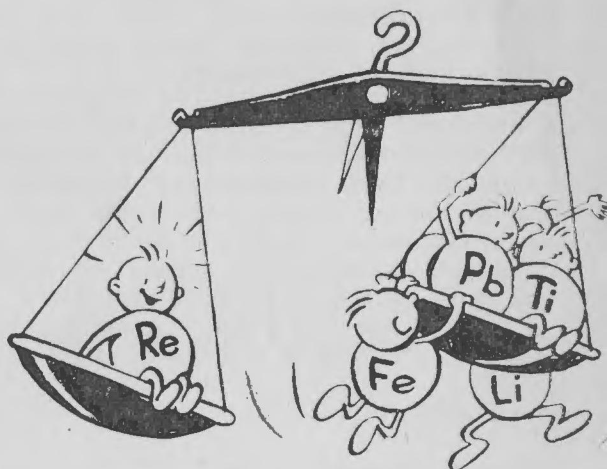
— Bravo, eşti un metal cu adevărat greu fuzibil — l-au felicitat metalurgiştii, din ce în ce mai mîndri de noul născut din familia metalelor fără frică de foc. Totuşi, pe decanul familiei, pe bătrînul wolfram nu-l vei putea întrece, el se topeşte cel mai greu dintre toate metalele şi, cu toate acestea, el ştie să se strecoare prin filierele cele mai subţiri, el poate să lumineze cel mai bine sub cupola de sticlă a becurilor electrice.

Dar tînărul metal dădu dovadă de talente uimitoare şi întrecu wolframul tocmai în domeniul în care acesta era considerat invincibil.

Filamentele de wolfram, după un timp de funcţionare de ordinul a sute de ore, încep să se deterioreze. Urmele de vapori de apă şi de oxigen din interiorul becului, deşi sînt în cantitate foarte mică, oxidează metalul. Reniul rezistă un timp de trei ori mai îndelungat, fără să fie atacat de gazele din interiorul becului, datorită faptului că la temperaturi ridicate el se volatilizează de sute de ori mai încet decît wolframul.

Curajoasa comportare a reniului i-a deschis drumul spre multe utilizări.

În zilele noastre, rezistenţa la acţiunea temperaturilor ridicate asociată cu bune calităţi mecanice constituie pentru un metal o garanţie sigură că nu va rămîne neutilizat. Multiple domenii ale tehnicii: instrumente de tăiere rapidă a metalelor, motoarele cu combustie internă şi motoarele cu reacţie, turbinele de gaz, rachetele, tehnica nucleară etc., necesită materiale refractare. Fiecare 100°C, fiecare 50°C



— Sînt unul dintre cele mai grele metale!

cîştigate în rezistența termică a metalului, reprezintă un progres ce se răsfrînge asupra indicilor de funcționare şi a productivității muncii.

Un domeniu vast îl așteaptă pe tînărul nostru metal. Dar în calea unei utilizări largi se ridică deocamdată o piedică serioasă : prețul de cost al reniului este foarte ridicat, apropiat de cel al platinei, ceea ce face ca producția metalului să fie foarte mică, de-abia 10 tone pe an pe tot globul. Este probabil ca prețul lui să scadă în anii ce vin. Însă pînă atunci reniul este folosit acolo unde, chiar în cantități mici, aduce servicii importante.

Din reniu se fac astăzi filamente pentru becuri cu incandescență care trebuie să prezinte o rezistență specială, electrozii în anumite tipuri de tuburi electronice, contacte electrice care lucrează la temperaturi ridicate în vid. Aliajele reniului cu fierul, cobaltul, nichelul, molibdenul sînt materiale dure, cu punct de topire ridicat, folosite pentru confecționarea unor piese pentru aparate de precizie. Termoelementele din reniu asociat cu platina, iridiul, paladiul, rhodiul, permit măsurarea precisă a temperaturilor ridicate. În chimie reniul s-a dovedit a fi un bun catalizator.

Aşadar, de cîțiva ani tînărul reniu a intrat cu adevărat în serviciul omului.

VANADIUL

CAMELEONUL METALELOR RARE

Grupa a VII-a a sistemului periodic ne-a dăruit un metal cu punct de topire foarte ridicat, reniul. Grupa a VI-a a îmbogăţit familia metalelor rare cu două metale greu fuzibile, a căror intrare în tehnică a produs o adevărată revoluţie — wolframul şi molibdenul. Grupa a V-a nu s-a lăsat mai prejos de vecina ei: e drept, şi-a dezvăluit cu greu tainele, punînd la încercare timp îndelungat perseverenţa omului înainte de a-i da cele trei metale rare greu fuzibile — vanadiul, niobiul şi tantalul.

Descoperite toate trei printr-o ciudată coincidenţă, în decurs de mai puţin de doi ani (1801—1802), vanadiul, niobiul şi tantalul au avut soarta marei majorităţi a metalelor rare: au aşteptat peste un secol momentul intrării în patrimoniul tehnicii. Niobiul şi tantalul sînt prin utilizările lor metale foarte tinere. Veteranul familiei metalelor rare din grupa a V-a este vanadiul, şi pe el îl vom cunoaşte mai întîi.

Istoria ştiinţifică a vanadiului începe în primii ani ai secolului trecut, cînd poporul mexican se ridicase cu arma în mînă să-şi apere independenţa naţională împotriva jugului colonialist al Spaniei.

Printre luptătorii neînfricaţi pentru libertatea Mexicului se număra şi Don Andreas Manuel del Rio, inginer miner, chimist şi mineralog. Patriot înfocat, Del Rio îşi închinase întreaga viaţă celor două mari idealuri: independenţa Mexicului şi progresul ştiinţei.

Don Manuel del Rio fu acela care observă pentru prima dată comportarea neobişnuită a unui minereu mexican de plumb. In anul 1801, el extrase din

acest minereu, găsit printre stîncile scăldate de soarele tropical al regiunii Simapana, un element, ai cărui compuşi erau coloraţi în cele mai vii şi mai variate culori.

Del Rio, pe atunci profesor la Şcoala de Mine din oraşul Mexic, privea uimit cum la mici schimbări ale acidităţii sau la adăugiri de alcalii, soluţiile îşi schimbau succesiv culoarea din verde în violet, din violet în albastru.

— Un adevărat cameleon chimic, gîndi el, şi boteză noul element „pancromiu", adică „multicolor". Ceva mai tîrziu, don Manuel del Rio reuşi să obţină un compus brun roşcat care se topea pe la 650°C, dînd o topitură purpurie. Acesta era pentoxidul de vanadiu V_2O_5. După culoarea roşie a topiturii, Del Rio reboteză „pancromiul" în „eritroniu" de la cuvîntul grecesc „eritros" — roşu. Pentru a primi confirmarea descoperirii făcute, Del Rio expedie probe din minereul cercetat unor chimişti cunoscuţi din Europa.

— Va fi primul element nou, găsit şi descoperit în Mexic — spera savantul.

Răspunsurile s-au lăsat aşteptate multă vreme. Iar cînd au sosit în sfîrşit, aduceau un verdict dezamăgitor: chimiştii ajunseseră la concluzia că eritroniul nu era un element nou, ci era metalul crom descoperit de Vauquelin încă din 1797, dotat cu proprietatea de a forma săruri multicolore.

Del Rio nu reuşi să demonstreze justeţea descoperirii făcute. „Cameleonul" metalelor rare, vanadiul, respinse primul atac datorită proprietăţii lui de a da aceste coloraţii bogate, care făceau să fie confundat cu cromul.

A doua încercare pentru descoperirea vanadiului avu loc cu un sfert de secol mai tîrziu, în regiunile reci şi neguroase din Nordul Europei, în Suedia.

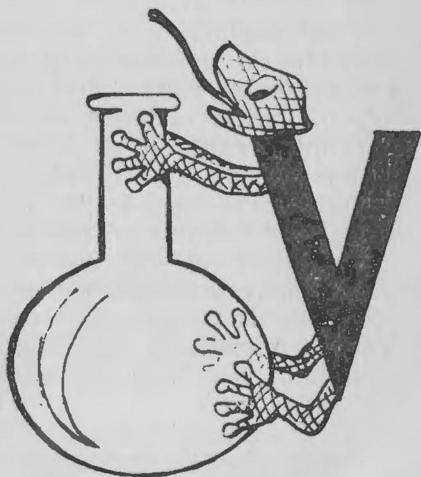
În acea vreme în Suedia se construiseră furnale noi pentru obţinerea fontei şi metalurgiştii nu reuşeau să explice de ce fonta obţinută din minereuri asemănătoare, folosind o tehnologie identică, se ob-

ţinea în unele uzine fragilă şi puţin rezistentă, în timp ce alte uzine produceau fontă de calitate excepţională. Cel care încercă să dezlege misterul fu celebrul chimist german F. Wöhler care lucra pe atunci în Suedia, în laboratorul marelui savant Berzelius. Wöhler îşi exprimă părerea că unele minereuri de fier ar putea să conţină cantităţi mici ale unui element necunoscut, a cărui prezenţă avea o influenţă binefăcătoare asupra fontei. El dădu de urma lui, reuşi să-l separe în cantităţi mici, privi curcubeul de culori pe care-l dădeau compuşii săi... şi ajunse şi el la concluzia că acest element este cromul.

Pentru a doua oară vanadiul le scăpa cercetătorilor printre degete.

Al treilea atac, de data aceasta încununat de izbîndă, a fost întreprins tot de un elev al lui Berzelius. Iată cum descria Berzelius, într-o scrisoare adresată unui prieten, descoperirea la care asistase:

«În vremuri de demult, locuia în Nordul Îndepărtat frumoasa zeiţă Vanadis, cea îndrăgită de toţi. Într-o zi cineva bătu la uşa ei. Zeiţa care stătea instalată comod într-un fotoliu se gîndi : „Să mai



Culorile mele au înşelat mulţi chimişti.

bată o dată". Dar bătaia se întrerupse şi acel cineva se îndepărtă de uşă. Zeiţa deveni curioasă: „cine este acest vizitator modest şi şovăielnic?".
Deschise fereastra şi privi în stradă. Acesta, un oarecare Wöhler, se depărta grăbit de palatul zeiţei.
După cîteva zile ea auzi din nou o bătaie în uşă, dar de data aceasta bătaia nu încetă pînă ce zeiţa nu se sculă şi nu deschise uşa. În faţa ei stătea un tînăr chipeş, Niels Sefstroem. Foarte repede ei s-au îndrăgit şi li s-a născut un fiu care a căpătat numele de Vanadiu. Acesta este numele noului metal descoperit în 1831 de fizicianul şi chimistul suedez Niels Sefstroem»[1].

Într-adevăr, Sefstroem nu se mai lăsă indus în eroare de înşelătoarele coloraţii ale noului metal ce însoţea minereurile de fier şi demonstră că acesta nu era crom. El era identic cu eritroniul descoperit de Manuel del Rio, era un element nou, vanadiul.

DACĂ NU AR FI VANADIUL, NU AR EXISTA AUTOMOBILE

Prin răspîndirea lui în scoarţa pămîntului, vanadiul este un impostor în lumea metalelor rare: clarkul lui (care după datele cele mai recente este de 0,02%) arată că acest metal se găseşte în litosferă într-o cantitate de 15 ori mai mare decît plumbul şi de 2000 de ori mai mare decît argintul! Dar datorită capacităţii lui de a-şi schimba uşor valenţa şi de a se combina cu alte elemente, vanadiul se găseşte dispersat în cantităţi mici, într-un număr foarte mare de roci. Deşi se cunosc astăzi peste 60 de minerale cu vanadiu, marea lor dispersare, precum şi dificultăţile care intervin în calea extragerii metalului, i-au imprimat acestuia caracterul de metal rar.

---

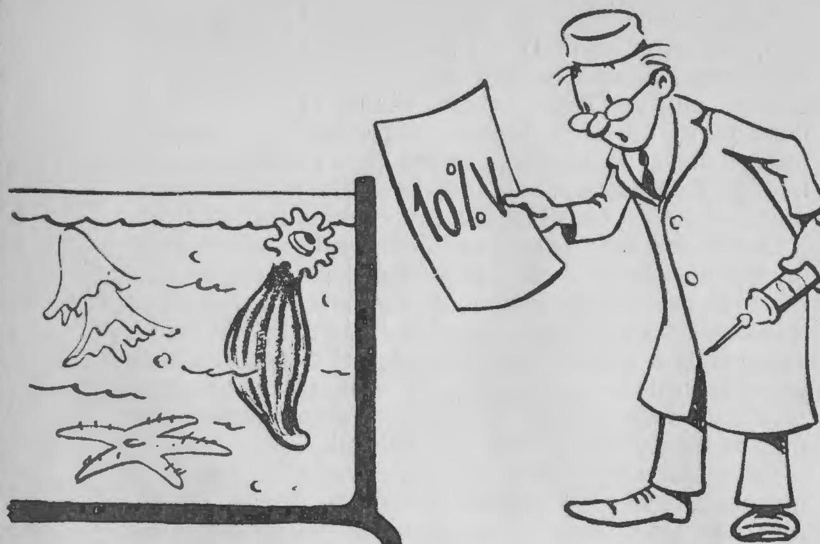
[1] Textul scrisorii e reprodus după A. E. Fersman, „Geochimia atractivă", Moscova, 1954, p. 215 (n.a.).

Rarele zăcăminte de minerale de vanadiu (sulfuri, silicaţi, vanadaţi alcalini), aflate aproape întotdeauna în amestec cu alte metale grele (fier, plumb, cupru, titan, uraniu etc.), se prelucrează după concentrare în vederea obţinerii unor compuşi intermediari, de obicei pentoxid de vanadiu sau vanadaţi. Aceştia servesc apoi la obţinerea ferovanadiului sau, în cantităţi mici, a vanadiului metalic. Dintre metalele rare, vanadiul se situează pe unul din primele locuri prin multitudinea procedeelor chimice şi metalurgice, impuse de marea varietate a formelor în care apare. Pentru fiecare tip de minereu, printr-o muncă care a necesitat adeseori ani de cercetări intense, s-a ajuns la elaborarea procedeelor celor mai potrivite de obţinere a compuşilor chimici, a feroaliajului sau a metalului.

Cele mai importante surse de vanadiu sînt însă nu minereurile sale propriu-zise, ci diferite minereuri ale altor metale care conţin vanadiu, cum sînt: minereurile de fier şi titanomagnetit, bauxitele, cenuşile unor cărbuni etc. Vanadiul se mai întîlneşte adeseori în ţiţeiuri, concentrîndu-se după ardere în cenuşa acestora. Astfel, ţiţeiul din unele zăcăminte sud-americane conţine pînă la 0,03% vanadiu, iar prin ardere lasă o cenuşă cu pînă la 10% vanadiu, adică un adevărat concentrat de vanadiu. Ţiţeiurile europene au în general un conţinut prea scăzut în vanadiu, pentru a constitui o materie primă economică pentru extragerea metalului.

Vanadiul apare în natură şi în compoziţia multor organisme vii. Rolul vanadiului în procesele biochimice nu este încă total cunoscut. Se ştie însă, că el intră în compoziţia sîngelui şi ţesuturilor diferitelor animale. Pe valurile oceanelor plutesc mici zăcăminte vii de vanadiu, holoturiile, al căror sînge conţine pînă la 10% vanadiu. În îndepărtatele epoci geologice, vanadiul, concentrat în ţesuturile unor plante s-a transmis cărbunilor de pămînt.

Dificultăţile legate de obţinerea compuşilor chimici necesari pentru producerea metalului au făcut ca înaintea vanadiului metalic să devină cunoscute



— Aveți o hemogramă surprinzătoare.

aliajele sale cu fierul — diferite fonte și oțeluri cu vanadiu. Încă în 1840, inginerul miner rus, Subin a arătat că vanadiul are o influență binefăcătoare asupra fierului și a aliajelor de cupru, dar producerea industrială a acestora a început de-abia în preajma anului 1900.

Vanadiul este unul dintre cele mai active metale de aliere, chiar atunci cînd se adaugă în cantități foarte mici. Un adaos de 0,15—0,20% vanadiu este suficient pentru a imprima oțelurilor caracteristici prețioase. Cum se explică aceasta? Vanadiul formează carburi cu carbonul oțelului, fapt care duce la micșorarea granulației oțelului, îi mărește duritatea, plasticitatea, rezistența la uzură, la acțiunea temperaturilor ridicate. Vanadiul, în combinație cu alte elemente de aliere — nichel, crom, mangan, a căpătat o largă răspîndire în fabricarea diferitelor tipuri de oțeluri speciale.

Oţelurile cu vanadiu s-au dovedit a fi materialul ideal pentru construirea arborilor cotiţi şi axelor motoarelor de automobil, piese supuse la solicitări şi trepidaţii continue.

Marele avînt al industriei de automobile din zilele noastre, se datoreşte în foarte mare măsură găsirii materialelor de construcţie adecvate, printre care primul loc îl ocupă oţelurile cu vanadiu. „Dacă nu ar fi vanadiul, nu ar exista automobile", s-a spus despre acest minunat metal.

Vanadiul îl întîlnim nu numai în automobile: în construcţia de avioane, tractoare, cazane cu aburi, locomotive, apar atomi de vanadiu dispersaţi în masa oţelului, aducînd cu ei siguranţă în funcţionarea şi prelungirea duratei de exploatare. Din oţeluri cu vanadiu se fac resoarte, arcuri, scule tăietoare pentru prelucrarea metalelor. Oţelurile cu vanadiu le întîlnim de asemenea în blindajele tancurilor, în corpul cuirasatelor, în ţevile tunurilor.

Alături de oţel au intrat în tehnică fontele cu vanadiu, în care acesta apare de obicei întovărăşit de crom, nichel, cupru. Din fonte cu vanadiu se toarnă piese supuse la funcţionare la temperaturi ridicate, cum ar fi, de exemplu, blocurile motoarelor cu combustie internă.

Aceste multiple utilizări fac ca majoritatea minereurilor de vanadiu să se prelucreze în vederea obţinerii ferovanadiului.

Vanadiul metalic are deocamdată utilizări reduse. Metalurgia lui este legată de dificultăţi foarte mari şi nu se practică decît la o scară restrînsă. Vanadiul se obţine prin două procedee moderne, utilizate la scară mare în cazul metalelor greu fuzibile din grupa a IV-a, şi a niobiului şi tantalului din grupa a V-a.

Primul, un procedeu de descompunere la temperaturi ridicate, în vid, al iodurilor metalelor respective, poartă numele de disociere termică. Aplicat de 25 de ani, procedeul duce la obţinere de metale compacte, curate, este însă costisitor şi puţin productiv. Vanadiul se obţine pe această cale prin

descompunerea iodurii de vanadiu VI_5; metalul se depune pe un fir incandescent de wolfram, molibden sau tantal.

Al doilea procedeu constă în reducerea pentoxidului de vanadiu V_2O_5 cu calciu metalic, la temperatura de aproape 1000°C. Reacţia decurge violent, se obţine un amestec de pulbere de vanadiu cu compuşi ai calciului, aceştia din urmă îndepărtîndu-se apoi prin dizolvare.

La fel ca şi molibdenul, vanadiul metalic compact se obţine pe calea metalurgiei pulberilor ori prin topire în cuptoare electrice speciale. Metalul pur este extraordinar de plastic, are un punct de topire ridicat — 1720°C şi o greutate specifică de 6,0— deci intermediară între cea a titanului şi cea a fierului.

VANADIUL ŞI CHIMIA

Element activ din punct de vedere chimic, vanadiul trece cu uşurinţă de la o valenţă la alta, şi o dată cu schimbarea valenţei, compuşii vanadiului îşi schimbă şi culoarea. Prin gama largă de coloraţii a compuşilor săi, vanadiul şi-a întrecut toţi rivalii în acest domeniu, pînă şi sărurile atît de variat colorate ale manganului şi cromului.

În faţa ochilor uimiţi ai chimiştilor, el şi-a desfăşurat paleta strălucitoare a culorilor intense şi vii. Oxidul de vanadiu — negru, bioxidul de vanadiu — albastru închis, pentoxidul — cafeniu roşcat, iar în stare topită — roşu intens... aceşti compuşi dau minunaţi pigmenţi pentru porţelanuri, sticle, hîrtie fotografică etc.

Capacitatea vanadiului de a-şi schimba valenţa sub acţiunea unor substanţe reducătoare sau oxidante, a dus la larga lui utilizare în chimia analitică. Vanadiul a făcut să se nască metode noi de

dozare chimică, o întreagă ramură a chimiei analitice fiind denumită „vanadometrie".

În industria chimică vanadiul mai joacă un important rol, de catalizator. Îl putem întîlni, simțindu-se de minune în atmosfera ucigătoare pentru alte substanțe, în turnurile de sinteză ale „sufletului industriei chimice" — acidul sulfuric. Aici, în turnurile în care are loc oxidarea bioxidului de sulf gazos la trioxid, care dă apoi prin dizolvare acidul sulfuric, vanadiul este un musafir drag; musafir, fiindcă nu ia parte la reacție. E suficient numai să fie de față, sub formă de pentoxid sau de vanadați, cu rol de catalizator, pentru ca reacția să decurgă în cele mai bune condiții.

Pînă în 1930 în turnurile de sinteză s-au utilizat catalizatorii din platină, foarte activi, dar și foarte sensibili la acțiunea impurităților. În prezența impurităților din gaze, catalizatorul de platină murea repede, „otrăvit", după expresia chimiștilor. Astăzi, catalizatorii de platină au fost înlocuiți prin cei de vanadiu, mai rezistenți și mult mai ieftini.

„CONTINENTUL ALBASTRU" ȘI VISURILE METALURGIȘTILOR

Vanadiul prezintă curioasa proprietate de a se acumula în corpul unor animale marine: arici de mare, holoturii, ascidii, extrem de numeroase în unele regiuni din apropierea țărmurilor mărilor și oceanelor. Referitor la această proprietate, academicianul A. E. Fersman spunea că „nici un reactiv chimic nu lucrează atît de precis și de curat ca organismul viu, care se pricepe din milionimi de gram să acumuleze în corpul său și să ne lase după moarte cantități uriașe de metale, încît omul le poate extrage pentru industrie".

Intr-adevăr, se ştie că o specie de alge marine acumulează în ţesuturile lor atîta iod, încît cenuşa lor serveşte la extragerea industrială a iodului.

Valorificarea elementelor aflate în apele mărilor constituie o problemă care preocupă de multă vreme oamenii de ştiinţă. In imensele adîncimi ale „continentului albastru" se găsesc în cantităţi uriaşe multe substanţe. S-a calculat că dacă s-ar extrage tot aurul din mări şi oceane, preţul acestui metal preţios nu ar depăşi pe cel al cuprului.

In apele mărilor şi oceanelor, în concentraţii ce e drept foarte mici, dar în cantităţi totale foarte mari, se găsesc dizolvate peste 50 de elemente chimice. Dacă s-ar rezolva problema obţinerii din apele mării a metalelor rare, radioactive şi neferoase, cum ar fi vanadiul, molibdenul, radiul, cobaltul, nichelul etc., aceasta ar schimba radical bilanţul producţiei lor pe glob.

Dar oceanele, incomparabil mai puţin cunoscute decît uscatul, îşi dezvăluie foarte greu tainele. Şi totuşi, încetul cu încetul, omul le smulge bogăţiile metalifere.

Concentraţia medie a magneziului în apele mărilor este de cca. 0,14 g/l. Pare puţin. Dar dacă se calculează cît magneziu este cuprins într-un singur kilometru cub de apă de mare, se ajunge la uriaşa cifră de 1 400 000 tone magneziu! Iar pe suprafaţa globului se ondulează în bătaia vînturilor suprafaţa a nu mai puţin de 1,5 miliarde metri cubi de apă marină!

Magneziul a constituit de altfel prima victorie la scară mare (iodul se obţine în cantităţi mult mai mici) a chimiştilor şi metalurgiştilor asupra valurilor oceanelor; astăzi pe întinsul globului există cîteva uzine mari pentru extragerea magneziului din apa mărilor.

Pe măsură ce avansează tehnica, apar procedee noi de extragere a cantităţilor mici de elemente. Schimbătorii de ioni sînt nişte substanţe cu adevărat minunate, care pot reţine din soluţii cantităţi foarte mici de diferite metale, schimbîndu-le cu alte

elemente, cedate soluţiei. Cu ajutorul lor se recuperează astăzi diferite metale din soluţii-deşeu foarte diluate, care altădată se aruncau la canal. Poate că tocmai răşinile schimbătoare de ioni vor face pasul următor pentru supunerea „continentului albastru“ ?!

...„Sfere albe din masă plastică se leagănă în bătaia valurilor mării. Surprinşi de această apariţie, scoţînd ţipete răguşite, se rotesc deasupra lor pescăruşii. Valurile se rostogolesc fără încetare peste suprafaţa mată a sferelor. O dată pe lună vine un vas, desprinde sferele de pe ancorele lor şi le remorchează. Pe mal sferele se ard şi pe fundul creuzetelor în care au fost arse, apar fărîme de nichel, molibden, aur...“

Poate aşa va arăta într-un viitor apropiat extragerea metalelor dizolvate în apa mării. In orice caz, în acest tablou nu este nimic fantastic. Apa mărilor conţine atîtea metale neferoase încît bogăţiile tutu-



„Metalurgul viitorului“

ror zăcămintelor din lume apar neglijabile în faţa bogăţiilor minelor mării.“ [1]

Poate că în felul acesta, se va extrage într-o zi şi vanadiul, cel atît de iubitor de apa mării? Poate şi aşa, poate şi altfel... Poate că la extragerea vanadiului în ajutorul omului vor veni acele plante şi organisme marine în care el se concentrează de preferinţă...

Doar cele mai mari depuneri de calcar (piatră de var) s-au format din acumulări de miriade şi miriade de organisme marine, diferite scoici, care au concentrat în organismul lor calciul şi bioxidul de carbon din apele mărilor. Diferite organisme marine au şi preferinţe diferite: am văzut că unele adună iodul, altele vanadiul; mai sînt şi altele care colectează fosforul, manganul etc. Adevărate instalaţii de concentrare în miniatură!

Poate că în viitor se vor dovedi rentabile plantaţiile submarine ale „plantelor-metalurgi“? Poate că metalurgia cu ajutorul organismelor vii — biometalurgia [2] — va deveni într-o zi o ştiinţă tot atît de reală ca hidrometalurgia, raţională bineînţeles numai atunci cînd e vorba de extragerea unor metale foarte dispersate, rare şi scumpe?

Răspunsul îl va da desigur viitorul...

---

[1] „Vocrug Sveta“ nr. 3, 1960, p. 20 (n.a.).

[2] „Tehnica molodeji“ nr. 2, 1959, p. 2 (n.a.).

NIOBIUL ŞI TANTALUL

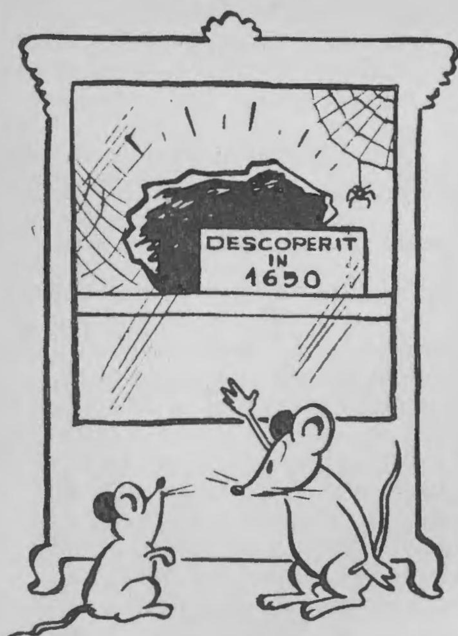
MUSAFIR DIN LUMEA NOUĂ, CU UN FRATE ÎN LUMEA VECHE

Prin anul 1650 un călător neobişnuit traversa într-o corabie cu pînze Oceanul Atlantic, venind din Lumea Nouă spre Europa : o bucată dintr-un mineral negru şi greu, străbătut de lamele subţiri de mică, sclipitoare ca aurul. Probabil tocmai acestor firişoare aurii le datora pasagerul nostru traversarea oceanului. Era în epoca cînd cuceritorii europeni jefuiau din plin noile lor colonii americane, măcelăreau popoare întregi, distrugeau opere de artă, mărturii ale unei civilizaţii milenare, numai pentru a se îmbogăţi mai repede, pentru a aduce în Europa cît mai mult aur. Aur, aur, aur..., aceasta era deviza cuceritorilor.

Mineralul nostru ajunse în Europa. Dar îndată ce se dovedi că sclipirile lui nu au nimic comun cu strălucirea aurului, dintr-un musafir important el se transformă într-un mineral necunoscut. Fără nici un nume, doar cu o etichetă care îi indica ţara de baştină, mineralul zăcu părăsit timp de un secol şi jumătate într-un colţ întunecat al muzeului din Londra. Aici l-a găsit în 1801 chimistul Hatchett, care a avut curiozitatea să-i facă analiza şi care a descoperit în el, alături de fier, un element neobişnuit. In cinstea patriei mineralului, Hatchett îl boteză columbit, iar noul element — columbiu.

Cu aceasta s-a făcut primul pas în istoria ştiinţifică a unui metal rar, care în zilele noastre a devenit un material preţios pentru tehnică.

Columbiul în natură nu apare însă niciodată singur : peste tot este inseparabil însoţit de un frate geamăn, un alt metal rar cu proprietăţi foarte apro-



De 150 de ani stă uitat în această vitrină de muzeu.

piate de ale columbiului, care s-a impus prin caracteristicile lui deosebite de-abia în decursul ultimilor ani — tantalul.

Dar din momentul cînd Hatchett denumea noul element columbiu şi pînă la intrarea celor două metale rare din grupa a V-a a sistemului periodic în lumea tehnicii aveau să mai treacă peste 100 de ani.

Să ne întoarcem la începuturile istoriei lor, începuturi pline de îndoieli şi contradicţii, care au ridicat în faţa oamenilor de ştiinţă contemporani probleme prea dificile pentru a putea fi rezolvate cu mijloacele tehnice existente în acea vreme.

1802... Aplecat peste un şir de eprubete, suedezul Eckeberg priveşte poate pentru a suta oară produsul obţinut în urma descompunerii unui minereu din Peninsula Scandinavă. Este un oxid alb, foarte fin. Există atîţia oxizi albi ai diferitelor metale! Alb este oxidul de magneziu, tot alb este oxidul de calciu,

pulbere albă a obţinut cu puţini ani în urmă chimistul englez Gregor cînd a descoperit în felul acesta un element nou, titanul. Dar acest oxid, aparent asemănător cu atîţia alţii, nu este totuşi identic cu nici unul dintre cei cunoscuţi.

Şi Eckeberg priveşte din nou cum cei mai concentraţi acizi rămîn neputincioşi în faţa neobişnuitei rezistenţe a necunoscutului din eprubetă... Cine eşti tu, cel pe care acizii nu-l pot atinge? O imagine întipărită în memorie încă din anii de şcoală trece prin mintea savantului şi o dată cu ea, un erou al mitologiei greceşti îşi face loc în familia metalelor rare...

...„Tantal, regele Lidiei, deşi fiu al marelui Zeus a fost duşmanul veşnic al zeilor. El a divulgat oamenilor tainele Olimpului, el a răpit de la ospăţul zeilor nectarul şi ambrozia. Pentru crimele lui, Zeus l-a condamnat la chinuri veşnice. Stînd cufundat pînă la gît în apele limpezi ale unui rîu, avînd deasupra capului crengi încărcate cu roade coapte, Tantal nu putea să-şi astîmpere setea arzătoare. Undele apelor se retrăgeau de sub buzele lui, iar fructele se ridicau la o înălţime la care nu le putea atinge".

„Întocmai cum pe tine nu te pot atinge acizii", completă Eckeberg, adresîndu-se oxidului necunoscut. „De acum încolo te vei numi şi tu tantal."

Metalele gemene din grupa a V-a, columbiul şi tantalul, erau descoperite. Dar de-abia acum începu marea bătălie ştiinţifică pentru cunoaşterea lor: cele două metale semănau atît de mult încît mulţi savanţi au fost de părere că ele constituie un acelaşi element, şi că Eckeberg nu făcuse altceva decît să-i dea un al doilea nume primului descoperit. Cercetările duse timp de cîteva decenii au făcut să sporească şi mai mult confuzia. S-au comunicat date despre alte elemente presupuse noi, foarte apropiate de columbiu sau tantal. Ele au fost botezate în grabă cu diferite nume, pentru ca să se dovedească după un timp că reproduc proprietăţile primilor descoperiţi. Şi încă nu era lămurită problema dacă tantalul şi columbiul sînt sau nu elemente diferite.

Răspunsul cert veni către jumătatea secolului trecut, cînd din acelaşi minereu au fost separate ambele metale. Numai că din acest moment columbiul îşi schimbă numele. În mitologie Tantal avea o fiică, pe nefericita nimfă Niobe. După numele ei, pentru a simboliza strînsa înrudire dintre cele două elemente, columbiul a fost rebotezat în niobiu. Astăzi, numele oficial al metalului, confirmat de convenţii internaţionale, este niobiu.

NOI METALE GREU FUZIBILE

Niobiul şi tantalul formează peste o sută de minerale comune, cu structură complexă, în care sînt însoţite de fier, mangan, metale alcaline, alcalino-pămîntoase, titan, zirconiu, thoriu, uraniu, wolfram etc. Cu toate că în unele minerale distincte cum sînt columbitul, tantalitul, piroclorul, conţinutul de niobiu şi tantal este ridicat, aceste minerale sînt atît de dispersate în masa minereului, încît conţinutul însumat al oxizilor de niobiu şi tantal este cuprins între 0,003—0,1%.

Din fericire, minereurile de niobiu şi tantal se îmbogăţesc destul de uşor, dînd concentrate valoroase. Prin topirea directă a concentratelor se pot obţine feroniobiul sau ferotantalul.

Producerea metalelor în stare pură, datorită marii lor asemănări chimice, a ridicat în faţa tehnologilor probleme extrem de dificile. Prin procedee chimice, bazate în general pe scheme deosebit de complicate, se dezagregă întîi minereul şi după o serie îndelungată de operaţii se ajunge la un amestec al oxizilor celor două metale. Urmează un nou şir de operaţii în vederea separării compuşilor niobiului de cei ai tantalului.

În stare compactă tantalul şi niobiul se obţin întocmai ca şi metalele greu fuzibile, pe care le-am cunoscut mai înainte, pe calea metalurgiei pulberilor. Prepararea şi prelucrarea pulberilor au întîmpinat



— Mă simt de minune după un astfel de duş.

greutăţi foarte mari. La temperaturi ridicate, tantalul şi niobiul sînt metale foarte reactive din punct de vedere chimic, mai reactive decît toate metalele pe care le-am întîlnit pînă acum. Metalurgia lor a necesitat precauţii speciale, căci era suficientă prezenţa, fie chiar a unor urme de aer, pentru a strica calitatea metalului. Din fericire pentru ele, niobiul şi tantalul nu erau singurele „metale dificile". Aceleaşi greutăţi au fost întîmpinate şi la producerea metalelor greu fuzibile din grupa a IV-a, titan şi zirconiu. Problema obţinerii tuturor metalelor din grupa a V-a şi a IV-a a fost rezolvată de-abia în decursul ultimilor 20 de ani.

Procedee cu totul noi (disocierea termică a halogenurilor, reducerea metalotermică) elaborate pentru titan şi zirconiu, au fost aplicate în foarte scurt timp metalelor greu fuzibile din grupa a V-a. Sînt aceleaşi procedee de care am vorbit la vanadiul metalic. O muncă creatoare deosebit de intensă au pretins cele două metale gemene pînă la obţinerea lor în stare pură. Recompensa pe care ele au oferit-o în schimb, nu a fost cu nimic mai prejos de speranţele omului.

Ambele sînt metale greu fuzibile tipice: punctul de topire al niobiului este de 2500°C, al tantalului 2850°C. Niobiul şi tantalul prezintă o plasticitate foarte ridicată, putînd fi laminate la rece în foi extrem de subţiri.

Tantalul a atras asupra sa atenţia tehnologilor datorită neobişnuitei sale rezistenţe la acizi. Acizii: azotic, sulfuric, clorhidric de orice concentraţie nu atacă tantalul la rece şi nici la cald.

Deşi niobiul prezintă caracteristici foarte apropiate, tantalul ocupă primul loc în seria materialelor rezistente la acţiunea agenţilor chimici. De altfel, niobiul şi-a cîştigat mai greu decît tantalul recunoaşterea tehnologilor, multă vreme fiind considerat o impuritate dăunătoare în tantal.

Abia mai tîrziu au început să apară pentru ambele metale posibilităţi de utilizare noi, unele în domenii cu totul neaşteptate.

CÎTE CEVA DESPRE METALURGIE, ELECTROTEHNICĂ, DIAMANTE SINTETICE ŞI OPERAŢII CHIRURGICALE

Acum 15 ani despre niobiu şi tantal cu greu se putea spune altceva decît că sînt exemple elocvente de metale rare, cu utilizări tehnologice extrem de reduse.

Astăzi, atît niobiul şi tantalul metalic cît şi aliajele lor capătă o utilizare tot mai largă, frînată doar de costul încă ridicat al celor două metale. Să nu

uităm însă că niobiul și tantalul își trăiesc de-abia acum adolescența lor tehnică și că în epoca noastră, copilăria și adolescența noilor materiale, atunci cînd acestea se dovedesc cu adevărat necesare, trec cu o viteză uimitoare.

Metalele acestea, deși tinere, au de pe acum însemnate pe răbojul vieții lor o serie de fapte cu care se pot mîndri.

Feroaliajele de niobiu și tantal au intrat din plin în metalurgie. Încă din anul 1935 s-a constatat că ele au o acțiune deosebit de pronunțată asupra calității oțelurilor inoxidabile cu nichel și crom. Adaosuri aproape infime de niobiu măresc mult rezistența mecanică a acestor oțeluri. Niobiul îl putem întîlni în compoziția oțelurilor folosite în construcția cilindrilor de presiune, a diferitelor piese în rotație supuse la solicitări puternice, în compoziția oțelurilor pentru turbinele cu reacție. Se cunosc astăzi peste 60 de tipuri de oțeluri cu niobiu și tantal, rezistente la acțiunea temperaturilor ridicate. Aliajele lor s-au dovedit a fi valoroase materiale de construcție pentru avioane supersonice și cu reacție, pentru rachete intercontinentale și interplanetare.

S-au născut și numeroase aliaje neferoase pe bază de niobiu și tantal, în care aceste metale sînt aliate cu titanul, zirconiul. molibdenul etc.

Caracteristica tehnicii moderne este continua căutare de noi materiale termorezistente. posedînd în același timp caracteristici superioare. Fără astfel de materiale, nu ar putea exista tehnica marilor viteze, tehnică care înseamnă motoare cu reacție, rachete, sputnici.

Pe lîngă aliajele de care am vorbit. niobiul și tantalul își completează domeniul utilizărilor prin compușii lor cu carbonul. azotul și borul. materiale foarte rezistente la acțiunea temperaturilor ridicate. Rezistența acestor materiale întrece mult rezistența materialelor refractare obișnuite. De aici li se trage și numele de „superrefractare“.

Carbura. azotura și borura de niobiu și tantal prezintă alături de o excepțională stabilitate termică

şi o duritate foarte ridicată. Punctele lor de topire trec de 3500°C, ajungînd la unii compuşi pînă aproape de 4000°, iar duritatea lor se apropie de cea a diamantului. Compuşii tantalului deţin recordul de refractaritate pe întreaga familie a metalelor rare, cu excepţia carburii de hafniu. Ele servesc împreună cu alte carburi (de wolfram, molibden, titan), la obţinerea celor mai termostabile aliaje dure.

Niobiul şi tantalul s-au impus printre cele mai valoroase materiale de construcţie pentru industria chimică. Din table de tantal se construiesc rezervoare şi vagoane cisternă pentru transportul acizilor tari, conducte, serpentine, ventile, care rezistă fără frică la atacul chimic al acizilor, chiar şi la temparaturi ridicate.

Metalurgia, aviaţia, chimia, sînt numai cîteva dintre domeniile ştiinţei cu care tinerele noastre metale au legat o prietenie trainică de la începutul vieţii lor.

Niobiul şi tantalul, metale rare apărute tîrziu în rîndul materialelor tehnice, au căutat într-un timp scurt să-şi facă cît mai mulţi prieteni, dorind parcă să-şi dovedească recunoştinţa faţă de cei care le-au scos pentru totdeauna din anonimat. Prietenoase şi gata să suporte orice efort: temperaturi, presiuni, sarcini electrice, ele au întins mîna mereu altor ramuri ale tehnicii, de fiecare dată trezind admiraţie prin comportarea lor.

In electrotehnică şi tehnica vidului înaintat, filamentele din tantal metalic au fost folosite imediat după ce s-au obţinut primele fire de metal pur. Datorită punctului de topire ridicat, a unei capacităţi de emisie electronică de asemenea ridicate, precum şi a capacităţii de a absorbi la cald diferite gaze, tantalul şi niobiul îşi găsesc o aplicare din ce în ce mai largă în tehnica vidului, radiotehnică, radiolocaţie, şi aparatură Roentgen. Ele se utilizează ca anozi, catozi, grile, absorbanţi de gaze etc., în diferite tipuri de tuburi electrice.

Radiotehnica a constituit un cîmp de activitate cu posibilităţi neaşteptate pentru numeroase metale

rare. Față de alte metale, niobiul și tantalul mai posedă încă o proprietate de preț: supraconductibilitatea. O pagină nouă în radiotehnică, în special în construcția mașinilor de calcul, au deschis-o în ultimii ani criotronii, dispozitive minuscule a căror construcție este bazată tocmai pe proprietățile supraconductoare ale unor materiale. Primele materiale care au corespuns întrutotul cerințelor au fost niobiul și tantalul metalic.

În lupta neîncetată a omului de a urca cît mai sus pe treptele scării durităților, metalele acestea au contribuit nu numai prin compușii lor cu carbonul, azotul și borul, de care am vorbit mai înainte.

De sute de ani mintea omului a fost preocupată de problema producerii sintetice a celui mai dur material pe care l-a creat natura, diamantul. Căci, la porunca imperioasă a tehnicii, diamantele au încetat de a mai fi podoabă strălucitoare și inutilă. Datorită durității lor excepționale, diamantele au devenit unul dintre cele mai prețuite materiale tehnice folosite în șlefuirea și tăierea metalelor, forajul rocilor dure etc. De la primele încercări de a realiza diamante sintetice pînă la puternicile prese capabile să creeze presiuni asemănătoare celor care domneau acum milioane de ani în adîncurile planetei noastre, făcînd carbonul să cristalizeze în diamant, a fost o cale grea de parcurs. Omul a luptat dîrz cu natura pentru a-i smulge taina producerii celui mai dur material. Abia ultimul deceniu ne-a adus la cunoștință reușita omului și în acest domeniu. La presiuni foarte ridicate și la temperaturi de mii de grade s-au născut primele cristale ale diamantelor sintetice.

Descoperirea procedeului de sinteză al diamantului a produs o impresie puternică în întreaga lume științifică. S-a aflat că la presiuni cuprinse între 50 000—130 000 de atmosfere și la temperaturi de 2 000—2 400°C se formează din carbon diamante. Reacția este posibilă fiindcă în fenomenul de transformare al structurii cristaline a grafitului în diamant, intervin catalizatorii. Din calcule teoretice rezultă că fără catalizatori, ar fi necesare temperaturi

de ordinul a 4 000°C şi presiuni de cca 220 000 atmosfere. Or, nu există materiale din care să se poată construi utilaje care să lucreze în astfel de condiţii.

Am amintit de catalizatori. Pentru sinteza diamantului s-au încercat drept catalizatori numeroase metale. Unul singur s-a dovedit însă a fi cel mai indicat — acesta este tantalul. Astăzi producerea diamantelor sintetice a păşit de la faza de experimentare la producţie industrială şi în acest proces un rol de onoare îi revine tantalului.

Să părăsim acum tantalul aflat în cantităţi infime sub presiuni uriaşe între pereţii blindaţi ai aparatelor în care cresc cristalele diamantelor sintetice şi să păşim în vîrful degetelor în lumea de linişte şi alb a uneia dintre cele mai moderne clinici chirurgicale din U.R.S.S.

Pe masa de operaţie chirurgii mînuiesc un aparat inventat recent, dar care a şi salvat numeroase vieţi omeneşti. Descoperirea lui a produs cea mai puternică impresie în întreaga lume: este vorba de un aparat mecanizat în sudare a vaselor sanguine şi a nervilor. Uimitorul fir cu care se face legarea ţesuturilor vii şi care rămîne pentru totdeauna împlîntat în organismul omenesc, fără să producă cel mai mic neajuns ţesuturilor cu care vine în contact, nu este altul decît un fir extrem de subţire din tantal metalic.

Aceasta este povestea metalului nostru care în mai puţin de 20 de ani a făcut atîtea fapte mari!

Am vorbit însă mereu de tantal. L-am uitat oare pe primul născut, niobiul?

Desigur că nu. În multe domenii despre care am vorbit, niobiul se afirmă de pe acum. Aliajele cu niobiu au aceeaşi căutare ca şi cele de tantal. În electrotehnică niobiul are aceleaşi întrebuinţări ca şi tantalul. Alături de tantal, niobiul se adaugă în oţeluri inoxidabile, uşurînd prelucrarea lor prin sudură.

Sub ochii noştri, niobiul trece şi el linia de hotar care desparte „metalele viitorului" de „metalele prezentului".

TITANUL

UN OBELISC DIN GRANIT ŞI METAL

Comunicatul TASS din 6 octombrie 1957 anunţa că la 4 octombrie 1957 a fost lansat primul satelit artificial al planetei noastre. Uimitoarea ştire a străbătut pămîntul în lung şi lat, a fost retransmisă de posturile de radio din lumea întreagă, de ediţiile speciale ale ziarelor. În toate limbile lumii a răsunat admiraţia pentru poporul sovietic, pentru ştiinţa sovietică. Pentru prima dată în istoria milenară a omenirii forţa gravitaţiei era învinsă.

De atunci succesele ştiinţei au urmat unul după altul : sateliţii, racheta care a atins Luna, staţia interplanetară automată care a realizat fotografia feţei invizibile a Lunii, navele cosmice cu primii cosmonauţi care s-au reîntors pe pămînt. Cine ştie cîte realizări va număra cosmonautica pînă în clipa cînd aceste pagini vor vedea lumina tiparului !

În noianul extraordinar al cuceririlor omului, ziua de 4 octombrie va rămîne însă de neuitat : prin lansarea primului satelit a fost deschisă era călătoriilor interplanetare, era cuceririi Cosmosului.

Ziarele noastre din 29 martie 1960 au publicat ştirea că Consiliul de Miniştri al U.R.S.S. a aprobat proiectul unui obelisc în amintirea lansării primului satelit artificial al pămîntului. Obeliscul va fi înălţat în faţa intrării principale în Expoziţia realizărilor economiei naţionale a U.R.S.S. Pe postamentul de granit se vor afla basoreliefuri consacrate realizărilor oamenilor de ştiinţă şi tehnicienilor sovietici care au croit, primii în lume, drumul spre Cosmos. Partea superioară a obeliscului va fi metalică.

Vor trece secole şi vînturile, ploile, gerurile nu vor altera frumuseţea sculpturilor în granit ale postamentului, la fel cum nu vor putea ataca vîrful sclipitor din metal argintiu al obeliscului.

Metalul căruia i-a revenit gloria de a eterniza cucerirea Cosmosului este tînăr, rezistent şi tenace. El nu se teme de scurgerea timpului, nu cunoaşte pericolul ruginei. Practic veşnic, el face parte dintre materialele tehnicei celei mai moderne, dintre materialele care cuceresc astăzi înaltul cerului.

Numele lui e titan.

PE PODIUMUL ÎNVINGĂTORILOR — ALBUL DE TITAN

Prin anul 1789, cercetătorul englez Mc Gregor, studiind nişte nisipuri, a descoperit o substanţă necunoscută pe care a numit-o „menahină". După cîţiva ani un alt cercetător, Klaproth, a ajuns la concluzia că „menahina" este oxidul unui element nou şi i-a schimbat numele în „pămînt de titan".

În mitologia greacă titanii erau uriaşii şi puternicii fii ai pămîntului. Cine ştie ce considerente l-au făcut pe Klaproth să-i dea noului element acest nume! „Uriaşul" care se depusese pe fundul unei eprubete nu inspira nici pe departe ideea de forţă: o pulbere albă, fină, uşoară, fără nimic deosebit în ea.

Poate că în imaginaţia cercetătorului noul element era sortit unui viitor strălucit... Ori poate l-a denumit titan fiindcă în acea vreme erau la modă denumirile mitologice? Cine mai ştie!

Cert este că prima mare glorie a titanului se datoreşte tocmai acestui compus cu oxigenul, care l-a făcut să ajungă celebru încă pe vremea cînd titanul metalic era o curiozitate de laborator. E drept că şi bioxidul de titan a trebuit să aştepte mai mult de un secol pînă cînd s-a constatat că el este un

excelent pigment alb, care cu uleiuri dă vopsele deosebit de frumoase şi rezistente.

Pigmenţii albi, utilizaţi în primul rînd pentru obţinerea vopselelor de ulei, sînt puţini la număr.

Timp de cîteva mii de ani, stăpînul atotputernic al culorii albe fusese albul de plumb. Nu sînt multe substanţe chimice care să se poată lăuda cu o istorie atît de veche ca a acestui pigment. In secolul al VI-lea înaintea erei noastre, medicul grec Dioscoride îi descria fabricaţia din bucăţi de plumb metalic, care atacate de oţet se transformau în pulbere albă. In secolul I al erei noastre scria despre el marele arhitect roman Vitruviu, în celebra sa lucrare „Arhitectura".

Timp de mii de ani vaporii toxici de plumb, care se degajau în timpul fabricării pigmentului, au măcinat sănătatea celor ce lucrau la producerea lui. Timp de mii de ani „albul blestemat" secerase nenumărate vieţi şi totuşi fabricaţia lui se dezvolta mereu, fiindcă nu se găsise o substanţă care să-l înlocuiască.

Abia secolul al XIX-lea i-a adus prima lovitură: începu producerea industrială a albului de zinc, pigment alb, frumos şi lipsit de toxicitate. Vopsele pe bază de oxid de zinc invadară piaţa, cu toate că prin rezistenţa lor la acţiunea factorilor atmosferici erau inferioare albului de plumb.

Descoperirea albului de titan a avut loc în anii imediat premergători primului război mondial. Industriaşii din ţările capitaliste erau mult mai preocupaţi de producerea de noi tipuri de arme decît de obţinerea unui nou pigment. Mai ales că albul de titan, compus al unui element cu faima solid înrădăcinată de metal rar, părea dinainte sortit înfrîngerii în întrecerea cu doi concurenţi atît de puternici ca albul de plumb şi albul de zinc.

Specialiştii însă lăudau cu atîta ardoare îmbinarea de calităţi excepţionale ale noului pigment, încît, chiar în anii primului război mondial a fost pusă în funcţiune o fabrică de bioxid de titan, cu o producţie, ce e drept, destul de modestă în comparaţie cu a altor pigmenţi albi: 1 000 tone pe an.



Pigmentul învingător.

„Noul alb" nu se dezminţi. El întrunea toate calităţile de preţ ale predecesorilor săi, fără să le fi moştenit lipsurile.

Albul de plumb era greu, şi în concesinţă consumul lui pe metru pătrat de suprafaţă vopsită era mare. Cu aceeaşi cantitate de alb de titan, uşor, pufos şi foarte fin, se putea vopsi o suprafaţă de zece ori mai mare. Toxicităţii albului de plumb, albul de titan îi ripostă prin totala lui inofensivitate. Iar ca rezistenţă la factorii de coroziune atmosferici şi chimici, bioxidul de titan întrecu şi albul de zinc şi albul de plumb.

Tînărul pigment de un alb strălucitor a repurtat o victorie răsunătoare. Către uzinele pe care se grăbeau să le construiască acum cei care cu cîţiva ani în urmă combătuseră noul venit, au pornit trenuri lungi încărcate cu minereuri de titan şi cisterne cu acid sulfuric. In reactoare înalte, ilmenitul (oxidul natural de titan şi de fier), spumega neputincios în faţa atacului de neînvins al acidului. Soluţiile negre de sulfat de titan, la porunca chimiştilor, prin fierbere cu apă sau cu mici cantităţi de acid metatitanic preparate dinainte, deveneau albe ca laptele: se forma acidul metatitanic, compus din bioxid de titan şi apă. Din lungi cuptoare rotative, asemănătoare celor pentru arderea cimentului, ieşea continuu produsul obţinut prin calcinarea precipitatului umed de acid metatitanic — bioxidul de titan TiO_2. Cantităţi mici de adaosuri speciale îi imprimau calităţile unui pigment de neînlocuit. Cifrele vorbesc de la sine: în 1940 producţia bioxidului de titan număra 200 000 tone, iar astăzi ea este cu mult mai mare.

Intr-un timp scurt bioxidul de titan şi-a făcut o mulţime de prieteni. Astfel îl întîlnim în trusele de pictură ale artiştilor plastici, în cutiuţele de pudră ca şi în tuburile cu pastă de dinţi. Gospodinele, cînd îşi rînduiesc frumoasele lor oale emailate, nici nu bănuiesc că emailurile devin rezistente la foc fiindcă în compoziţia lor intră moleculele bioxidului de titan. Mai mult decît gospodinele îl apreciază chimiştii: emailurile antiacide, ce acoperă vasele în care se pot face diferite reacţii cu soluţii puternic corozive, conţin cantităţi importante de bioxid de titan. Bioxidul de titan este bine cunoscut şi muncitorilor din industria cauciucului şi a maselor plastice: el este cel mai bun material de umplutură. Mătasea artificială îşi pierde luciul exagerat şi devine asemănătoare cu cea naturală datorită unor mici adaosuri de bioxid de titan, care „o matisează“, după cum spun specialiştii. In diferite aparate şi instalaţii electro-

tehnice se întîlnesc piese dielectrice pe bază de bioxid de titan.

Datorită multilateralelor „talente“ ale acestui compus, titanul a devenit în scurt timp un element cunoscut în toată lumea. Acesta a fost însă numai un pas în istoria încununată de multe izbînzi a titanului.

„RAȚUȘCA URÎTĂ“ A METALURGIEI

Mai țineți minte povestea din copilărie despre „rățușca urîtă“?

In familia de tinere rățuște, galbene, pufoase și pline de gingășie se născu una greoaie și cenușie, atît de cenușie și de urîtă, încît nimeni nu voia să se împrietenească și să se joace cu ea. Copilăria rățuștei trecu tristă și lipsită de mîngîiere. Dar o dată cu venirea toamnei, rățușca urîtă deveni o minunată lebădă albă, care uimi prin frumusețea ei pe toți locuitorii lacului. Abia atunci ei și-au dat seama că sub modestele pene cenușii se ascundea grația viitoarei păsări mari și puternice, a cărei frumusețe apare în întreaga ei strălucire mai tîrziu, după ce trece de pragul copilăriei.

In istoria metalelor rare, „rățuștele urîte“ s-au născut în serie! In laboratoare se obțineau primele fărîme de metale noi, cu totul necunoscute pînă atunci, care se dovedeau însă neobișnuit de rebele. Treceau zeci de ani înainte ca noii descoperiți să-și lepede haina mincinoasă care ascundea adevărata față a noului metal. O astfel de „rățușcă urîtă“ a metalurgiei a fost și titanul.

A avut o copilărie lungă și nebăgată în seamă. Descoperit încă la sfîrșitul secolului al XVIII-lea, a vegetat un secol întreg sub formă de compuși a căror importanță rămînea necunoscută. O dată cu dezvoltarea furtunoasă a chimiei, metalurgiei, electrotehnicii, diferiții compuși ai titanului au pătruns

în rîndul materialelor folosite de om. Unul dintre aceştia a fost albul de titan, pe care l-am cunoscut. Mai tîrziu metalul s-a avîntat pe căile metalurgiei.

Primul pas a fost ferotitanul. Prin reducere la temperaturi ridicate cu aluminiu metalic, a minereurilor conţinînd fier şi titan, s-a obţinut ferotitanul, folosit ca material de adaos în elaborarea oţelurilor speciale. Adaosurile mici de titan, pînă la 1%, ameliorau mult calitatea oţelurilor, ridicîndu-le rezistenţa la coroziune şi mărind rezistenţa mecanică la temperaturi ridicate.

Pasul următor l-au constituit aliajele dure pe bază de titan. Carbura de titan a început să fie fabricată în mod curent în anii 1931—1932, printr-un procedeu analog cu cel folosit pentru carbura de wolfram. Cristalele dure ale carburii de titan, cu o structură cristalină cubică, au punctul de topire foarte ridicat (peste 3000°), şi fiind mult mai puţin fragile decît cele de carbură de wolfram, prezintă o rezistenţă la uzură mai ridicată.

Din asocierea celor două carburi, legate între ele pe calea metalurgiei pulberilor cu ajutorul unui metal plastic, de obicei cobalt, s-au fabricat piese cu o mare duritate, rezistente la uzură şi la acţiunea temperaturilor ridicate. S-au născut noi sortimente de metale dure pentru cuţite de strung, capete de burghie, calibre, filiere etc. Astăzi aliajele dure pe bază de titan sînt printre cele mai utilizate în tehnică.

In ultimii ani rolul aliajelor dure şi termostabile pe bază de carbură de titan a crescut şi mai mult, depăşind domeniul instrumentelor pentru prelucrarea metalelor şi foraj. Aliajele dure pe bază de carbură de titan sînt folosite în diferitele piese ale motoarelor cu reacţie şi ale rachetelor. Serviciile pe care le aduc alături de alte materiale termostabile, în lupta pentru atingerea vitezelor foarte mari, sînt uriaşe.

Ce s-a întîmplat între timp cu „răţuşca urîtă", titanul metalic, pe care am părăsit-o pornind pe ur-

mele altor forme de utilizare ale titanului, care au luat-o înaintea metalului însuşi?

Oamenii de ştiinţă au purtat o luptă dîrză şi îndelungată pentru a obţine titanul metalic. O mare dificultate a constituit-o afinitatea metalului fierbinte pentru oxigen, de care nu se lasă despărţit decît cu foarte mare greutate. Cînd, în sfîrşit, în 1910 au fost obţinute primele cantităţi de titan metalic cu un conţinut de metal de peste 99%, acesta i-a dezamăgit profund pe metalurgişti:

— Ce să facem cu un metal cu rezistenţă mecanică mică, cu fragilitate mare, care nu se poate prelucra mecanic?

Incercările se numărau una după alta, iar eşecurile se succedau pe urmele lor! Titanul continua să rămînă „răţuşca urîtă" a metalurgiei.

DOCTORUL TĂMĂDUITOR — VIDUL ÎNAINTAT

Adevăraţilor oameni de ştiinţă le sînt proprii dîrzenia şi perseverenţa.

Oare nu se poate obţine un titan de bună calitate? Oare metalul este de vină, sau există alte cauze care-i influenţează caracteristicile? se întrebau ei.

Buletinele de analiză ale sutelor de probe indicau mereu acelaşi lucru: nu se reuşise încă obţinerea unui titan care să nu conţină în el diferite elemente străine. Mereu apăreau oxigenul şi azotul, care se strecurau din aerul atmosferic în corpul metalului cînd acesta era fierbinte, şi apoi nu se mai lăsau îndepărtate.

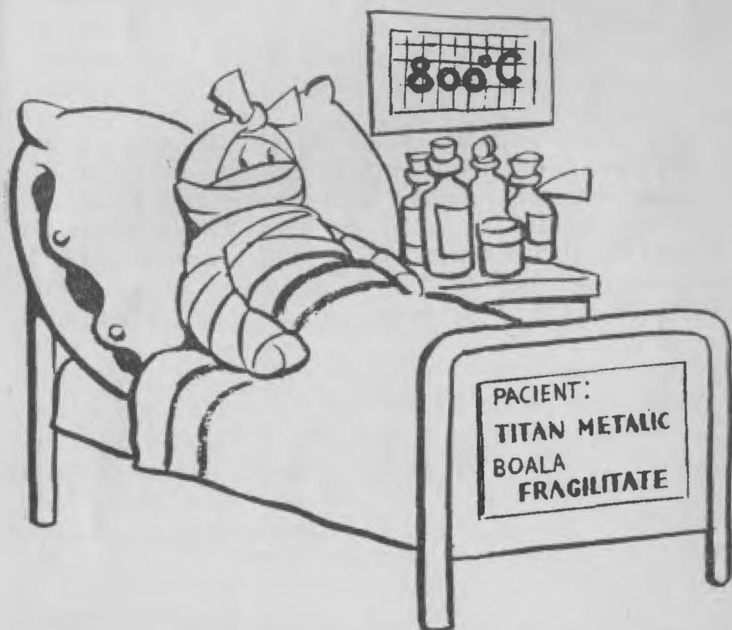
Sute de încercări, nenumărate analize chimice şi microscopice...

In sfîrşit, metalurgiştii au ajuns la concluzia că acuzaţiile aduse titanului erau nedrepte, fiindcă titanul era bolnav. Metalul suferea de fragilitate şi

de nesupunere la prelucrare deoarece corpul lui era invadat de „microbi". Iar „microbii" care îmbolnăveau titanul erau impuritățile, în primul rînd oxigenul și azotul. Era suficient ca ei să se combine cu metalul chiar în cantități foarte mici, pentru ca să se formeze compuși sfărîmicioși și lipsiți de rezistență mecanică (oxizi, azoturi), care transmiteau caracteristicile lor metalului.

Boala titanului era descoperită. Odată diagnosticul pus, trebuia găsit medicul salvator, care să poată feri metalul la temperaturi ridicate de atacul dușmanilor neîmpăcați. Metalurgiștii știau bine numele „medicului" : vidul înaintat.

— Numai vidul înaintat va putea elimina din instalațiile pentru producerea titanului ultimele rămășițe de aer. El ne va ajuta să vindecăm titanul de toate lipsurile lui.



— Doctorul a spus că, dacă vreau să mă fac bine, să nu mai respir aer!

Oamenii de știință, fără să-și permită răgaz pentru odihnă, au început o nouă luptă pentru crearea condițiilor necesare obținerii metalelor în absența totală a aerului.

„Natura are oroare de vid", așa suna un cunoscut dicton, exprimat încă cu mulți ani în urmă. Esența lui consta în faptul că aerul înconjurător, aflat la presiune atmosferică, caută să umple cît mai repede spațiile în care se creează o presiune mai scăzută, o depresiune, pentru a se ajunge la o echilibrare a presiunilor.

Poate că cel care a exprimat pentru prima dată dictonul devenit celebru s-a gîndit și la procesele vitale care nu pot avea loc în vid, viața tuturor ființelor fiind indisolubil legată prin respirație de prezența oxigenului din aer.

În orice caz, chiar dacă pentru natură, și anume pentru viețuitoare, vidul reprezintă un coșmar, pentru tehnica modernă el nu este nici pe departe un inamic. „Tehnica nu are oroare de vid", sau, ca să ne referim la domeniul nostru: „metalurgia este prietenă bună cu vidul".

De altfel, tehnicii zilelor noastre îi sînt cît se poate de familiare diferitele procese efectuate în condiții extreme: temperaturi care diferă doar cu cîteva fracțiuni de grad de zero absolut (minus 273,16°C) și temperaturi de ordinul a mii de grade; presiuni de sute de mii de atmosfere ca și vidul înaintat măsurat în miimi de microni coloană de mercur.

Un micron este a mia parte dintr-un milimetru. Presiunea atmosferică normală a aerului, măsurată la nivelul mării, este echivalentă cu 760 mm coloană mercur, deci 760 000 microni coloană mercur. A realiza o presiune de numai un micron, înseamnă a lucra deci la o presiune de 760 000 de ori mai mică decît cea atmosferică! Practic, înseamnă a lucra în vid (sau vacuum) și încă într-un vid înaintat.

O astfel de rarefiere a devenit posibilă numai după ce s-au creat pompe speciale de vid înaintat

de obicei de difuzie cu gaze ionizate, care permit atingerea unui vid pînă la ordinul 10^{-7} milimetri coloană mercur, sau 0,0001 microni coloană mercur!

Pompele însă nu înseamnă totul. Pentru a atinge un vid înaintat în spaţii închise, trebuia realizată o aparatură extrem de etanşă, care să nu permită aerului înconjurător să profite de orice deschidere, de orice fisură invizibilă, de orice por în corpul materialului, pentru a zădărnici munca pompelor. Trebuiau găsite materiale care să reziste în acelaşi timp şi la temperaturile ridicate, necesare în multe cazuri în interiorul aparaturii.

Şi, în sfîrşit, mai trebuia ceva: construirea unor aparate de măsură şi control de cea mai înaltă precizie, care să permită măsurarea vidului din instalaţie, semnalarea oricărei abateri de la funcţionarea normală.

Tehnica vidului înaintat este o realizare a secolului nostru. Ea se aplică de peste 50 de ani în electrotehnică, de cîţiva zeci de ani în radiotehnică. În metalurgie ea este destul de recentă: de-abia dacă numără 20 de ani de aplicare. Binefacerile ei au fost însă atît de mari încît astăzi se poate vorbi despre un nou domeniu al metalurgiei — metalurgia în vid. Metalurgia în vid a permis să se obţină piese turnate din metale greu fuzibile, foarte reactive, care se impurifică cu cele mai mici urme de gaze.

Dacă vorbim despre metalurgia în vid tocmai acum, cînd am făcut cunoştinţă cu titanul, extrem de reactiv la cald, aceasta pentru că datorită vidului s-a putut obţine un titan pur, cu bune calităţi mecanice.

Titanul nu este însă singurul metal care îşi datoreşte viaţa vidului. Prin procedeele metalurgiei vidului se obţin astăzi toate metalele rare greu fuzibile în stare de înaltă puritate.

În ultimii 10—15 ani dezvoltarea metalurgiei vidului a fost într-o mare măsură o consecinţă a necesităţilor tehnicii nucleare; s-a perfecţionat în pas cu aceasta şi a permis producerea la scară indus-

trială a metalelor necesare construirii reactorilor nucleari: uraniul, hafniul, beriliul, zirconiul, thoriul etc.

Aplicarea metalurgiei în vid echivalează cu obţinerea unor produse de înaltă puritate. Prin topire sau retopire în vid se realizează astăzi degazeificarea metalelor, adică eliminarea gazelor reţinute în metale în timpul topirii acestora. Tehnica vidului cîştigă tot mai mult teren şi în siderurgie. In vid se obţin fierul de înaltă puritate şi diferite oţeluri speciale, practic lipsite de impurităţi nemetalice.

Metalurgia în vid s-a asociat şi cu metalurgia pulberilor: sinterizarea în vid duce la obţinerea unor produse mai pure decît a celor sinterizate sub atmosferă protectoare.

Un alt domeniu pentru care puritatea avansată este prima condiţie de existenţă, este tehnica semiconductorilor. Şi aici metalurgia în vid a avut de spus un cuvînt hotărîtor.

TITANUL METALIC — UN DAR AL METALURGIEI VIDULUI

Două procedee pentru obţinerea metalelor în vid au avut un rol hotărîtor în dezvoltarea metalurgiei elementelor rare.

În anul 1925 a apărut procedeul de disociere termică a compuşilor halogenaţi, în special a compuşilor metalici cu iodul — ioduri. Prin disociere termică, adică prin descompunerea la temperaturi ridicate a tetraiodurii de titan, a fost obţinut pentru prima dată titanul metalic de o puritate ridicată. Într-un reactor închis, în care s-a făcut întîi vid pentru evacuarea aerului, tetraiodura de titan în stare de vapori a fost descompusă în titan metalic şi iod. Titanul s-a depus pe un filament de wolfram încălzit electric la 2000°C, pe care a format un în-

veliş compact. Procedeul a dus la obţinerea unui metal lucios, foarte rezistent, care se putea prelucra mecanic.

Procedeul descompunerii termice a halogenurilor a rămas pînă astăzi una din principalele căi pentru obţinerea metalelor foarte pure. Pe această cale s-au obţinut în stare pură vanadiul, niobiul, tantalul, zirconiul, titanul, hafniul, siliciul, germaniul. Procedeul are însă o productivitate redusă.

Obţinerea titanului în cantităţi mari a devenit posibilă acum 20 de ani, cînd s-a elaborat un alt procedeu modern, reducerea metalotermică a halogenilor. Materia primă a constituit-o tot un produs halogenat al titanului, tetraclorura de titan. Drept material reducător s-a utilizat magneziul metalic. La temperaturi de peste 800°C, în cuptoare speciale, umplute cu gaze inerte, după ce au fost supuse unui vid înaintat, tetraclorura de titan reacţionează cu magneziul topit. Se formează titan metalic în pulbere, înglobat în topitura de clorură de magneziu formată. După dizolvarea clorurii de magneziu se obţine o masă afînată de pulbere de titan, numită uzual „burete de titan". Pulberea de titan obţinută prin acest procedeu este ceva mai puţin pură decît cea provenită din disociere, în schimb procedeul este productiv: se pot obţine zeci de kilograme de titan pe şarjă.

In ultimul timp, alături de reducerea termică cu magneziu (procedeu magneziotermic) a început să fie aplicată tot mai mult reducerea cu sodiul metalic (procedeu natriotermic).

Buretele de titan, obţinut prin oricare din cele două procedee, se poate prelucra în metal compact fie pe calea metalurgiei pulberilor, fie prin topirea buretelui de titan în cuptoare electrice cu arc sau de înaltă frecvenţă. Aceste prelucrări se fac în lipsa aerului. Vidul înaintat însoţeşte aşadar titanul, de la naştere şi pînă la lingou.

Producerea metalelor rare greu fuzibile s-a putut dezvolta o dată cu tehnica vidului. Desigur că aplicarea noii tehnici, care necesită o aparatură de înaltă

precizie, se răsfrînge asupra prețului metalelor, scumpindu-le considerabil. Nu trebuie să uităm însă că procesele tehnologice și utilajele se perfecționează mereu, iar producția metalelor rare obținute pe această cale este și ea în continuă creștere.

Să revenim acum asupra titanului. Calitățile lui, ca: punctul de topire ridicat (cca. 1 700°C), greutatea specifică mică (4,3), rezistența mecanică mare, i-au asigurat numeroase întrebuințări. Pentru aprecierea calităților mecanice ale titanului se pot enumera cîteva cifre comparative. Dacă se consideră rezistența mecanică a titanului egală cu unitatea, atunci rezistența fierului va fi de 5,5, iar a aluminiului de 0,16. Asociate cu greutatea specifică mică, aceste însușiri au făcut ca titanul să fie un valoros material al aviației moderne. Vitezele mari atinse de avioane în ultimul timp se datorează unor materiale de construcție cu proprietăți cu totul speciale. Aviația nu poate fi concepută fără aluminiu, metal numit pe drept cuvînt „înaripat". Aluminiul are însă punctul de topire destul de scăzut, 660°C. Avioanele construite numai din aluminiu nu pot doborî „bariera sonică" — limita vitezelor mai mari decît viteza sunetului. La atingerea unor viteze mai mari, aluminiul se încălzește din cauza frecării cu aerul și își pierde rezistența mecanică. Titanul este cu puțin mai greu decît aluminiul, în schimb are o rezistență mecanică comparabilă cu a oțelului. Aceste calități au făcut ca cele mai importante piese ale avioanelor cu reacție, porțiuni din aripi și fuzelaj, diferite piese din construcția motoarelor să se confecționeze astăzi din aliaje pe bază de titan și în unele porțiuni chiar din titan curat. Fortificate de prezența noilor materiale de construcție, avioanele moderne se avîntă fără frică dincolo de limitele barierei sonice.

Titanul nu s-a mulțumit numai cu cucerirea cerului. Aliajele lui, posedînd o rezistență foarte ridicată la acțiunea apei de mare, se utilizează și în construcția navelor.



Titanul, pasager permanent al avioanelor cu reacție.

Uneori pînă și lipsurile titanului devin calități! Pulberea de titan a intrat în electrotehnică tocmai datorită proprietății care a dat atîta de lucru specialiștilor în obținerea metalului: afinitatea foarte mare pentru gazele atmosferice. În diferite tipuri de aparate electronice, urmele de oxigen, umiditate etc., rămase neevacuate la producerea vidului, sînt dușmanii neîmpăcați ai filamentelor incandescente, ai electrozilor. Metalul din care sînt confecționate se oxidează cu încetul și prin aceasta se scurtează durata de funcționare a aparatelor. Este suficient însă ca în interior să se introducă o cantitate de pulbere de titan, pentru ca aceasta să absoarbă rămășițele de gaze, prelungind durata de funcționare a aparatelor.

În ultimii ani titanul a pătruns în cele mai variate domenii — de la automobile pînă la țevile prin care se transportă lichide corozive. Marea lui stabilitate chimică face din el un material de primă importanță în construcția de utilaj chimic. Sortimentele aliajelor pe bază de titan se dezvoltă mereu.

Vorbind despre viitorul titanului, academicianul I. P. Bardin spunea:

„...Oţelul trăieşte în medie 35 de ani, piesele din titan şi zirconiu vor trăi însă secole, mai bine-zis ele vor fi practic fără moarte"[1].

FOST METAL RAR

În ultimii cinci ani, o dată cu creşterea intensă a producţiei titanului şi cu lărgirea domeniilor sale de aplicare, i se consacră o atenţie crescîndă. Titanul a devenit unul dintre cele mai comentate metale ale tehnicii.

Este interesant, răsfoind paginile revistelor, să urmărim cum au evoluat în ultimele decenii calificativele atribuite titanului.

Acum 20 de ani, el era denumit consecvent „metal rar". Era perioada punerii la punct a procedeelor de producere industrială. Noul metal rar părea deosebit de promiţător şi calificativul de „metal al viitorului" era aproape nedespărţit de numele de titan. (Ca să fim sinceri, „metale ale viitorului" s-au denumit rînd pe rînd toate metalele rare.)

În ultimii ani producţia titanului a crescut foarte mult. Prin specificul metalurgiei sale, complicată şi precedată de procedee chimice obişnuite metalelor rare, titanul este într-adevăr mai apropiat de familia metalelor rare decît de cea a metalelor neferoase. Totuşi, din punct de vedere al producţiei şi al utilizărilor, titanul îşi trăieşte ultimele clipe de metal rar. Scriind despre titan, autorii menţionează tot mai des că denumirea de „rar" i se atribuie pe nedrept unui metal a cărui producţie a atins mii şi

---

[1] „Reportaj din secolul al XXI-lea", Editura Tineretului, Bucureşti, 1960, p. 32 (n. a.).



O carte de vizită nouă.

zeci de mii tone anual. Adeseori soarta titanului este comparată cu a aluminiului.

Ca şi în cazul titanului, obţinerea aluminiului metalic a fost legată la vremea ei de greutăţi foarte mari, datorită în primul rînd afinităţii pentru oxigen. Primele granule de aluminiu au fost obţinute în anul 1825. În 1855 aluminiul purta şi el denumirea de metal rar şi figura printre exponatele care făceau senzaţie la Expoziţia Internaţională de la Paris. La primirea lui D. I. Mendeleev în Academia engleză de Ştiinţe i s-au înmînat drept daruri preţioase o cupă din aluminiu şi o balanţă farmaceutică cu platane din aluminiu. Aluminiul a purtat faima de metal rar pînă în momentul cînd, după descoperirea procedeului electrolitic, producerea lui în cantităţi mari nu a mai constituit o problemă. Curba producţiei mondiale a crescut vertiginos, atingînd astăzi peste 5 milioane tone pe an.

Cît priveşte titanul în 1940 s-au produs primele grame prin reducere cu magneziu. În 1947 se semnalează „o producţie considerabilă" — 2 tone! În

1954 producţia a crescut la 5 000 tone, iar în 1956—1958 a atins 20 000 tone pe an.

Un factor esenţial care permite ca titanul să devină un metal cu utilizări vaste este marea lui răspîndire în scoarţa pămîntului. Prin clarkul lui, titanul nu numai că nu este rar, ci dimpotrivă, este unul dintre cele mai răspîndite elemente. In greutatea scoarţei pămîntului, titanului îi revin 0,63%. El este mai răspîndit decît carbonul, clorul, sulful, fosforul. Dintre metalele întrebuinţate ca materiale de construcţie, numai trei întrec prin răspîndirea lor titanul: aluminiul, fierul şi magneziul. Toate celelalte metale se găsesc în natură în cantităţi cu mult mai mici.

Titanul intră în compoziţia unui număr mare de minerale. In cantităţi mici el se găseşte în bauxite, argile, gresii, bazalturi, granituri etc. Printre mineralele industriale se numără ilmenitul şi titanomagnetitul, în care bioxidul de titan este însoţit de oxizi de fier rutilul — bioxid de titan natural.

Pe întinsul pămîntului se întîlnesc numeroase zăcăminte bogate în titan. Unui astfel de zăcămînt descoperit în pitoreasca regiune a Uralilor de sud, în apropierea apelor liniştite ale marelui lac Ilmen, îşi datorează numele mineralul de care am amintit, ilmenitul.

Totul — larga răspîndire în natură, vastele utilizări, volumul producţiei — pledează convingător în favoarea metalului uzual, titan.

ZIRCONIUL

DE LA NESTEMATE LA REACTORUL ATOMIC

Două dintre metalele rare aparţinînd unor grupe diferite ale sistemului periodic al elementelor, diferind prin proprietăţi, cu puţine puncte comune în tehnologia obţinerii, se aseamănă printr-o ciudată coincidenţă atît prin istoria lor veche cît şi prin cea de dată foarte recentă.

Primul este un element din grupa a IV-a, frate bun cu titanul — zirconiul. Al doilea, beriliul, face parte din grupa a II-a a elementelor bivalente.

Istoria veche a amîndurora se pierde în negura secolelor, învăluită în minunatele legende ale mitologiei orientale. Ea este istoria unor compuşi naturali ai acestor metale, pe care omul, uimit de neasemuita lor frumuseţe le-a considerat de mii de ani printre darurile cele mai de preţ ce i le-a oferit natura — nestematele.

Compuşilor cristalini ai beriliului le datorăm minunatele coloraţii albastre şi verzi ale acvamarinelor şi smaraldelor. Compuşilor zirconiului le datorăm mineralul denumit zircon, care apare uneori în frumoase cristale galbene-aurii. Diferitele varietăţi de zircon au o bogată gamă de coloraţii luminoase şi vesele şi sînt cunoscute sub numele de hiacint, iacint şi iargon. Zirconiul a fost considerat încă din antichitate ca piatră preţioasă. După unele păreri, însuşi numele de zircon provine de la cuvîntul arab „zerc" — nestemată. După alţii, el este de origină persană, însemnînd „culoarea aurului".

Tot un compus al zirconiului este eudialitul, piatră roşie ca sîngele din tundrele Lovozero, „piatră care nu are seamăn pe lume aşa cum nimic nu este



Invățați din experiența mea!

mai scump decît sîngele omenesc vărsat pentru libertate și viață [1]". Tot niște compuși ai zirconiului sînt strălucitoarele cristale transparente ale „diamantelor de Matura", pietre prețioase care se aduceau în Europa din insula Matura, Ceylonul de astăzi.

Trecutul zirconiului și al beriliului ne apare scăldat de luminile multicolore ale nestematelor. Apoi, drumurile celor două metale se despart, pentru ca astăzi să le întîlnim din nou alături, participînd la cele mai moderne procese ale tehnicii secolului nostru, procesele nucleare. Zirconiul și beriliul constituie materiale prețioase pentru construcția reactorilor nucleari, îndeplinesc funcții asemănătoare, se compensează și se completează unul pe altul. Strălucirea milenară a nestematelor pălește în fața uri-

[1] A. E. Fersman, „Ce au povestit pietrele", Ed. Științifică, București, 1960 , p. 23 (n. a.).

aşelor servicii pe care le aduc aceste metale astăzi ştiinţei şi progresului.

Beriliul îl vom întîlni mai tîrziu... Deocamdată să răsfoim cîteva pagini din istoria zirconiului, frate bun cu titanul şi hafniul.

ÎNCĂ UN DAR AL METALURGIEI VIDULUI

Zirconiul s-a născut, a crescut, s-a dezvoltat şi a ajuns la maturitate în paralel cu titanul; el a beneficiat de aceleaşi procedee metalurgice pentru obţinerea lui ca metal şi a provocat cercetătorilor nu mai puţine greutăţi decît analogul lui superior din tabloul periodic, titanul.

Zirconiul a fost descoperit aproape simultan cu titanul, de acelaşi om de ştiinţă, M. H. Klaproth. Multă vreme el nu a putut fi obţinut în stare pură din cauza afinităţii foarte pronunţate pentru alte elemente, caracteristică tuturor metalelor din subgrupa titanului. Prin anul 1827, în laboratorul marelui experimentator suedez, Berzelius, au fost obţinute primele miligrame de zirconiu metalic. Ca şi titanul, zirconiul metalic a produs multe decepţii: fragil, lipsit de rezistenţă mecanică din cauza impurităţilor care-l invadaseră, metalul nu se lăsa prelucrat.

Neputînd fi utilizat, zirconiul a trăit o letargie de un secol pînă cînd şi-a dezvăluit adevăratele calităţi. Revelaţia adevăratului zirconiu s-a produs în urma aplicării procedeului care a dus pentru prima dată la obţinerea titanului de bună calitate — disocierea tetraiodurii metalului.

Înainte de a se fi obţinut zirconiul metalic, zirconiul a cunoscut bucuria de a intra în domeniul materialelor utile omului prin compuşii săi chimici şi prin aliaje.

Materiile prime care conţin zirconiu sînt destul de multe; zirconiul este mai răspîndit în natură decît alte metale neferoase uzuale ca nichelul, zincul, cuprul, staniul, plumbul. Clarkul lui destul de ridicat îi asigură al 21-lea loc în seria răspîndirii elementelor chimice pe suprafaţa pămîntului. Printre mineralele cu largă utilitate industrială sînt: $ZrSiO_4$ şi badeleitul — ZrO_2. Ele se separă de alte roci prin procedee gravitaţionale şi electromagnetice, dînd concentrate care pot conţine peste 96% minerale de zirconiu.

Aşa cum în cazul titanului bioxidul de titan a devenit celebru cu mult înaintea titanului metalic, în cazul zirconiului compusul acestuia cu oxigenul a cîştigat un loc printre materialele tehnice înainte de producerea zirconiului metalic. Bioxidul de zirconiu nu posedă proprietăţi de pigment; el oferă în schimb o deosebită rezistenţă la acţiunea temperaturilor ridicate, fiind un excelent material refractar. Bioxidul de zirconiu se foloseşte pentru producere de cărămizi refractare şi antiacide, în industria porţelanului, sticlei, emailurilor. În aceste scopuri se utilizează adeseori bioxidul de zirconiu natural, badeleitul. Silicatul de zirconiu natural este şi el un important material refractar, folosit în metalurgie pentru căptuşirea diferitelor cuptoare.

În ultimul timp zirconiul a început să-şi facă tot mai mult drum în metalurgie. S-au născut ferozirconiul şi ferosilicozirconiul, care se adaugă în diferite cantităţi altor metale, fiind folosite în producerea unui sortiment larg de aliaje.

Zirconiul metalic este alb cenuşiu, are o greutate specifică de 6,5 şi este extrem de rezistent la acţiunea agenţilor chimici, ocupînd al doilea loc după tantal. Datorită rezistenţei lui foarte ridicate la coroziune chimică, el a devenit în decursul ultimilor ani un important material de construcţie pentru utilajele chimice supuse la condiţii grele de exploatare. Din zirconiu metalic se confecţionează pompe antiacide, rezervoare, ţevi etc. Aliajele de zirconiu, în

special cu aluminiu şi magneziu, au intrat în domeniul construcţiei avioanelor cu reacţie, rachetelor şi navelor. Compuşii zirconiului cu borul şi carbonul se numără printre cele mai termorezistente materiale, avînd puncte de topire peste 3000°C.

Cu toată gama vastă de întrebuinţări acum 15 ani, într-o lucrare în care se descriau calităţile zirconiului se susţinea că „acest metal strălucitor, mai răspîndit decît cuprul şi plumbul, va rămîne metal rar, atîta timp cît nu-şi va găsi un domeniu larg de utilizare“. Dar, în foarte scurtă vreme zirconiul şi-a găsit un domeniu de utilizare în care s-a dovedit cu adevărat preţios, devenind în decurs de cîţiva ani unul din metalele de bază ale tehnicii nucleare.

După cum în cazul titanului îmbinarea minunată a două calităţi esenţiale, greutate specifică mică şi rezistenţă mecanică mare, i-au îndreptat dezvoltarea pe linia obţinerii unor materiale de construcţie de primă importanţă în aviaţie, tot aşa în cazul zirconiului, îmbinarea rezistenţei chimice şi termice cu calităţi nucleare deosebite au constituit factorii decisivi în evoluţia lui viitoare.

TEHNICA NUCLEARĂ ŞI ZIRCONIUL

Este încetăţenit obiceiul ca atunci cînd se descrie un element, după primele noţiuni generale să urmeze paragrafele despre „caracteristici chimice“ şi „caracteristici fizice“. În decursul ultimilor ani, în cărţile noi care tratează proprietăţile elementelor, a mai apărut un paragraf nou: „caracteristici nucleare“.

În epoca noastră, epoca energiei nucleare supuse de om, aceste caracteristici noi au căpătat o importanţă de prim ordin.

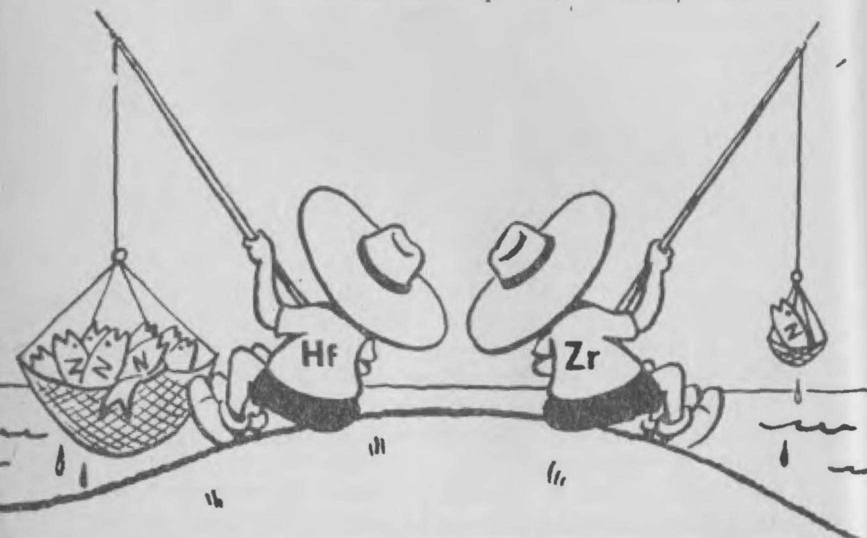
Prezenţa lor a făcut ca o serie de materiale cu utilizări reduse să devină în decurs de numai cîţiva ani cele mai moderne materiale tehnice. Crearea

tehnicii nucleare a constituit un puternic imbold pentru dezvoltarea rapidă a metalurgiei unui şir de metale. Uraniul, zirconiul, beriliul, hafniul, cadmiul, pămînturile rare au fost trezite la o viaţă nouă. A început producerea lor în cantităţi tot mai mari şi totodată s-au dezvoltat procedeele obţinerii lor în stare cît mai pură, sub formă de „metale nuclear-pure".

Zirconiul îşi datorează calitatea de material nuclear. proprietăţii sale de a avea „o secţiune de captură" foarte mică.

Ce se înţelege prin aceasta? În reactorul nuclear, reacţiile de dezintegrare ale atomului materialului generator de energie (a combustibilului nuclear) sînt însoţite de punerea în libertate a unui număr de produse de dezintegrare, adevărate schije provenite din bombardarea atomului. „Schijele" acestea lovesc alţi atomi, provocînd la rîndul lor dezintegrarea acestora; astfel de schije sînt neutronii.

Reactorii nucleari, grandioşi prin concepţia lor, sînt, oricît de ciudat ne-ar părea, instalaţii cu o



Cu o secţiune de captură mică nu poţi capta mulţi neutroni!

construcţie în principiu simplă. Ei cer însă pentru construcţia lor materiale cu proprietăţi speciale. Astfel, materialele care servesc la construcţia părţii active a reactorului, adică a porţiunii în care are loc dezintegrarea, trebuie să îndeplinească diferite misiuni. Ele susţin sau îmbracă ca nişte mantale de protecţie combustibilul atomic, care în general nu are suficientă rezistenţă mecanică şi chimică, servesc la construirea conductelor, ventilelor, a diferitelor mecanisme etc. Unor astfel de materiale de construcţie li se cere să aibă o bună rezistivitate termică, adică un punct de topire cît mai ridicat, rezistenţă mecanică mare, de asemenea o bună rezistenţă la coroziune chimică. Acestea sînt caracteristici fizico-chimice, pe care le-am putea găsi la multe metale.

Dar, după cum era de aşteptat, reactorul nuclear mai impune şi o „condiţie nucleară" : materialele să aibă o secţiune de captură cît mai mică, adică să nu reţină în drumul lor neutronii puşi în libertate de reacţia nucleară stînjenind în felul acesta desfăşurarea reacţiei în lanţ. Şi dintr-o dată, din numeroasele metale care îndeplineau condiţiile fizico-chimice, rămîn doar patru care răspund şi la cea nucleară : aluminiul, beriliul, magneziul şi zirconiul. Aluminiul şi magneziul avînd puncte de topire destul de scăzute, 660 şi 650°C, pot fi folosiţi numai în reactorii care funcţionează la temperaturi joase. Dar şi aici, pentru că magneziul nu prezintă suficientă rezistenţă la coroziune, poate fi utilizat numai în aliaj cu aluminiul.

In schimb, beriliul şi zirconiul sînt excelente materiale de construcţie folosite în reactorii cu temperatura de lucru ridicată, aşa-numiţii reactori termici.

Pentru aceasta însă, zirconiul — după cum vom vedea în cele ce urmează — trebuie să nu aibă urme de hafniu, element care-l însoţeşte pretutindeni în natură, ca o umbră. Şi acest lucru se realizează greu...

HAFNIUL

„STÎNCA SUBMARINĂ" A SISTEMULUI PERIODIC

Căsuţa nr. 72 a tabloului periodic al elementelor... Un pătrăţel în rînd cu altele, dar cîtă trudă, cîtă muncă ştiinţifică plină de avînt şi abnegaţie, cîte controverse înfocate a adus în lumea ştiinţei acest pătrăţel pînă în clipa cînd zeci de ipoteze s-au contopit într-o certitudine ştiinţifică !

Un nume ciudat a primit elementul nesupus : „stînca submarină" a sistemului periodic. Căci, nu o dată s-au îndreptat spre ea cu toate pînzele întinse îndrăzneţele nave ale ipotezelor ştiinţifice, pentru ca apoi, rînd pe rînd, să se scufunde sfărîmate în valurile pline de mister care o înconjurau.



O stîncă de care s-au sfărîmat multe . . . ipoteze.

În secolul trecut s-a vorbit mult despre un element nou, numit de unii „noriu", după alții „iargonit", care ar însoți zirconiul. Nimeni nu i-a putut dovedi însă existența și, cu timpul, peste acest nume se așternu uitarea.

La începutul secolului nostru, cînd numărul locurilor rămase goale în tabloul lui Mendeleev deveni foarte redus, începu căutarea sistematică a elementului cu numărul 72. Atunci răsună cu autoritate glasul savantului francez Urbain, care-și închinase întreaga viață cercetării pămînturilor rare:

— Peste o sută de ani au muncit oamenii de știință pentru cunoașterea unui grup de elemente extraordinar de asemănătoare între ele, reunite toate sub denumirea de pămînturi rare. Acum se știe că aceste elemente, toate trivalente, se întind într-un șir lung de-a lungul tabloului periodic, ocupînd locurile cuprinse între numerele 57 și 71. De ce nu ar fi și numărul 72 un continuator al acestui șir? Să-l căutăm așadar printre membrii acestei familii.

Intr-adevăr, în anul 1909, însuși Urbain anunță că a descoperit elementul nr. 72 într-un mineral al pămînturilor rare. Diverși cercetători credeau că l-au găsit și ei. Însă descoperirea lui Urbain părea certă. Numărul 72 a fost botezat celțiu și considerat trivalent. Și astăzi acest element se mai întîlnește în cărțile franceze sub numele de celțiu, deși cercetările de mai tîrziu au năruit presupusa descoperire.

Pînă și Urbain greșise calea în valurile învolburate care înconjurau „stînca submarină". Nu era vina lui — pe atunci nu exista teoretic nimic care să indice că nr. 72 nu poate fi trivalent.

Veni perioada marii cotituri în concepția despre structura elementelor chimice. Intre anii 1921—1922, danezul Niels Bohr, unul dintre cele mai mari talente științifice ale vremurilor noastre, a pus bazele fizicii cuantice moderne și a indicat calea spre dezlegarea tainelor structurii materiei.

— „Eu nu văd aici cristalele voastre, ca niște construcții geometrice complexe alcătuite din atomi și

ioni, ci însuşi atomul, cu nucleul său minuscul şi cu electronii care se rotesc în jurul lui: tot ce aţi spus voi depinde de numărul acestor sateliţi care se învîrtesc în jurul nucleelor[1]."

Iar aşezarea sateliţilor — a electronilor — în jurul nucleului, demonstra că ultimul în familia pămînturilor rare trebuia să fie elementul cu nr. 71. Teoria structurii atomice arăta că nr. 72 trebuie căutat nu printre elementele trivalente, ci în familia următoare, a elementelor tetravalente, printre analogii zirconiului.

Anul 1923... În laboratorul din Copenhaga, utilat cu cele mai moderne aparate fizice, doi oameni lucrau zi şi noapte pentru a aduce o strălucită confirmare teoriei atomice a lui Niels Bohr: un tînăr savant ungur, brun, înflăcărat, entuziast — G. Hevesy şi alături un olandez calm, minuţios, ponderat — D. Coster.

O ultimă noapte de veghe... un ultim asalt şi „stînca submarină" a sistemului periodic a sărit în aer pentru totdeauna.

Teoria atomică a dus la rezolvarea misterului: pe placa fotografică scoasă dintr-un spectograf se aşterneau liniile caracteristice ale elementului care pe baza teoriei lui Bohr nu putea fi altul decît nr. 72. Locul lui era într-adevăr alături de zirconiu, în grupa a IV-a a sistemului periodic.

Cu vocea înăbuşită de emoţie, Georg Hevesy spuse:

— L-am descoperit noi doi, un olandez şi un ungur. Şi fiecare ar dori să-i dea un nume care să amintească patria-i dragă. Un element nu poate avea însă două nume... să-l botezăm în cinstea oraşului unde l-am descoperit împreună.

Aşa a apărut în căsuţa cu numărul de ordine 72 elementul purtînd numele de hafniu, după vechea denumire a oraşului Copenhaga — Hafnia.

---

[1] A. E. Fersman, „Ce au povestit pietrele", Ed. Ştiinţifică, Bucureşti, 1960, p. 53. (n. a.).

OBȚINUT DE NEVOIE!

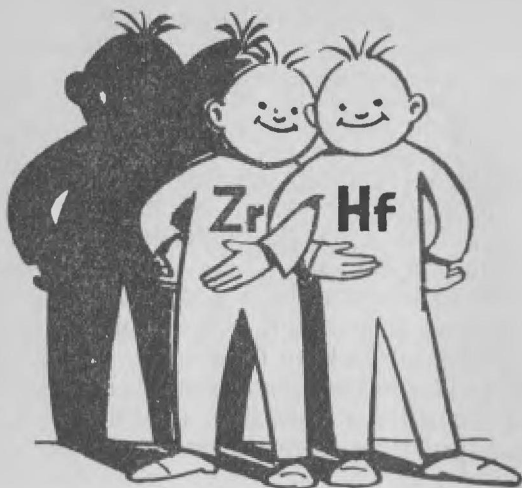
În tabloul periodic al elementelor se întîlnesc destule perechi de elemente foarte apropiate prin proprietățile lor. Printre acestea se pot cita wolframul și molibdenul, niobiul și tantalul, rubidiul și cesiul. O apropiere a proprietăților cum se întîlnește însă la zirconiu și hafniu, o posedă poate doar cele 15 elemente ale pămînturilor rare.

Numai prin excepționala apropiere a proprietăților fizice ale zirconiului și hafniului și a compușilor lor se poate explica faptul că timp de aproape 40 de ani cîți au trecut de la descoperirea hafniului, separarea celor două elemente a constituit una dintre cele mai complicate probleme ale tehnologiei metalelor rare.

De altfel, pînă de curînd problema separării zirconiului de hafniu nu numai că nu era acută, dar nici nu prezenta interes. În utilizările metalurgice, electrotehnice, ceramice etc., ale zirconiului și compușilor lui, prezența permanentă a hafniului nu stînjenea pe nimeni. Era și puțin și atît de asemănător prin comportare cu zirconiul, încît lumea se obișnuise să considere cele două metale ca pe niște frați siamezi inseparabili, în perfectă armonie unul cu altul.

Pînă și mineralele lor erau comune. Dacă pe întinsul pămîntului nu s-a descoperit pînă în prezent vreun mineral specific al hafniului, nu s-a găsit în schimb nici vreun mineral al zirconiului care să nu conțină hafniu! Hafniul este prezent peste tot alături de zirconiu, uneori în cantități mai mari, alteori în cantități foarte mici, dar există întotdeauna.

Datorită dificultăților pe care le ridica separarea celor două elemente, chimia hafniului s-a dezvoltat încet. Noul metal și compușii lui s-au obținut în cantități de ordinul fracțiunilor de gram, cu toate că în scoarța pămîntului se găsește cam tot atîta hafniu



Fraţi siamezi.

cît germaniu sau beriliu şi mai mult decît argint sau mercur.

Abia la vreo 20 de ani după descoperire, hafniul a intrat serios în preocupările cercetătorilor. Tot arsenalul chimiei moderne s-a îndreptat asupra compuşilor zirconiului în amestec cu hafniul, toate mijloacele au fost puse în joc: cristalizarea fracţionată, distilarea fracţionată, extracţia cu solvenţi, schimbătorii de ioni... Totul pentru acelaşi scop: despărţirea hafniului de zirconiu, dar nu o despărţire oarecare, ci atît de avansată încît să nu mai rămînă nici urme de hafniu rătăcite printre masa atomilor de zirconiu!

Această poruncă categorică o dădea tehnica nucleară la început de dragul zirconiului; ca o urmare a ei s-a născut însă hafniul metalic în cantităţi din ce în ce mai mari.

Necesitatea imperioasă de a extrage hafniul din zirconiu se datora faptului că oricît de apropiaţi între ei, cei doi fraţi siamezi au totuşi o caracteristică de cea mai mare importanţă pentru tehnica nucleară, care face ca în acest domeniu să nu mai poată

convieţui împreună: secţiunea de captură a neutronilor — foarte mică în cazul zirconiului, este foarte mare în cazul hafniului. Zirconiul, metal atît de preţios pentru construcţia reactorilor nucleari, nu poate fi material de construcţie pentru zona activă atunci cînd conţine cantităţi fie chiar foarte mici de hafniu. Pe cît de indulgent e zirconiul, care lasă neutronii să treacă nestînjeniţi pe lîngă el, pe atît de atent e hafniul să nu-i scape vreunul.

Aceasta era cauza care impunea despărţirea celor două metale. Ca urmare a purificării zirconiului au rezultat, întîi ca deşeu, diferiţi compuşi ai hafniului. De la compuşii sub formă de săruri pînă la hafniu metalic, drumul a fost cel obişnuit pentru titan şi zirconiu.

Hafniul şi-a găsit şi el utilizare în tehnica nucleară. Avînd o secţiune de captură mare, hafniul reţine cu uşurinţă neutronii rezultaţi în urma reacţiilor nucleare. Am văzut că neutronii ce se nasc în urma dezintegrării atomului, lovesc la rîndul lor alţi atomi, care se dezintegrează. Se produce o reacţie în lanţ. Dacă nu ar exista sisteme de reglare a reacţiilor în lanţ, dacă nu ar exista materiale care să le modereze intensitatea, în reactor ar avea loc procese violente, care s-ar putea încheia cu adevărate explozii atomice.

Reglarea puterii reactorilor se face cu ajutorul materialelor care pot reţine cu uşurinţă neutronii, a materialelor cu secţiune de captură mare. Acestea se introduc sub formă de bare metalice în porţiunea activă a reactorului şi în funcţie de adîncimea de cufundare absorb mai mulţi sau mai puţini neutroni, reglînd funcţionarea reactorului. Unul dintre cele mai importante materiale de reglare a reactorilor nucleari, datorită marii lui capacităţi de a capta neutroni, este hafniul.

Ca şi în cazul zirconiului, tehnica nucleară a constituit un puternic imbold pentru dezvoltarea producţiei hafniului. Ea nu este însă singura utilizare a acestui metal rar.

Datorită punctului de topire ridicat (2200°C) şi a unei bune capacităţi de emisie, hafinul este tot mai mult folosit în lămpi de radio, tuburi catodice, diferite aparate electronice, sub formă de filamente, grile, catozi etc. Intocmai ca titanul şi zirconiul, el este foarte avid de gaze şi serveşte la înlăturarea acestora din diferite aparate cu vid înaintat. Incercarea de a introduce hafniul în oţeluri a arătat că şi el este un foarte bun material de aliere.

Cel mai interesant compus al hafniului s-a dovedit a fi carbura de hafniu, materialul cu cel mai ridicat punct de topire din cîte se cunosc în tehnică — aproape 4000°C, avînd în acelaşi timp o duritate apropiată de a diamantului.

Perspective noi se deschid pentru hafniu în tehnica turboreactoarelor, a rachetelor, în cosmonautică.

Astăzi hafniul este încă un metal tînăr. Desigur, viitorul lui ne mai rezervă surprize.

METALELE SEMICONDUCTOARE: GERMANIUL ŞI SILICIUL

„UN ELEMENT RAR, CU UTILIZĂRI REDUSE"

În şirul de victorii ale omului în lupta cu natura, anul 1846 a înscris o pagină glorioasă. În noaptea înstelată din 23 septembrie a acestui an, astronomul german Galle a îndreptat telescopul către un punct determinat al bolţii cereşti. Nu pentru că aici figura vreun astru în atlasele astronomice ale vremii. Ceea ce îl făcea pe Galle să cerceteze această zonă a cerului nu era nici întîmplarea. Galle mînuia telescopul cu convingerea fermă că tocmai în acea noapte, şi în locul indicat, bolta cerească nu va fi pustie.

Siguranţa lui era bazată pe calculele minuţioase ale tînărului astronom francez, Jean Joseph Leverrier, care studiind unele anomalii în mişcarea pe orbită a planetei Uranus, ajunsese cu un an în urmă la concluzia că ele, în virtutea legii gravitaţiei universale, trebuie să fie cauzate de existenţa unui alt corp ceresc. Leverrier, şi independent de el englezul T. Adams, au calculat poziţia astrului necunoscut.

Şi, într-adevăr, Galle descoperi în locul indicat o nouă planetă a sistemului nostru solar, pe care o numi Neptun.

Descoperirea planetei prezise a confirmat triumful mecanicii newtoniene, triumful raţiunii omeneşti. Ea a constituit un eveniment pentru întreaga ştiinţă contemporană, dovedind rolul uriaş al teoriei, în munca de cercetare.

Pentru secolul nostru acesta este un fenomen obişnuit, dar, cînd cu aproape un secol în urmă, geniul lui Mendeleev proclamase existenţa primului element nedescoperit încă, ecasiliciul, previziunea ma-

relui savant neîndreptățită de nici o dată practică părea hazardată.

Nici un mineralog din lume nu identificase pînă atunci un mineral care să conțină ecasiliciu, nici un chimist nu izolase un compus al lui. In caietele de lucru ale lui Mendeleev existau însă pagini întregi consacrate descrierii proprietăților nu numai ale elementului necunoscut ci și a compușilor lui.

După cum Galle descoperi în sistemul nostru solar o planetă necunoscută, prezisă însă, în anul 1886 chimistul Winkler a descoperit în mineralul argirodit (o sulfură complexă de argint) un element ale cărui proprietăți corespundeau întocmai cu cele ale ecasiliciului. In cinstea patriei sale, Winkler îl numi germaniu. Astfel, în lumea chimiei, care timp de secole fusese lumea alchimiștilor și a experiențelor întîmplătoare, se afirma, rolul decisiv al teoriei pentru descoperirile practice.

„Cu greu se poate găsi — scria Winkler — o dovadă mai admirabilă a justeței teoriei periodicității. Nu este o simplă confirmare a unei teorii îndrăznețe. Vedem aici un mare pas în domeniul cunoașterii." [1]

Pentru Mendeleev, germaniul prezenta nu numai o confirmare a teoriei sale, ci un element foarte interesant, care prin proprietățile lui va aduce servicii importante omului.

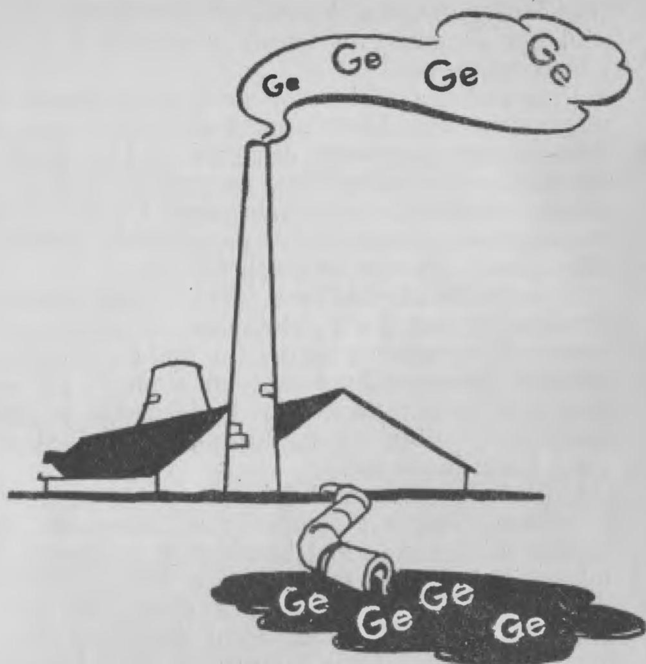
A început studierea germaniului. Inainte de a se trece la extragerea compușilor noului element, trebuia stabilit locul lui în natură.

Cercetarea mineralelor germaniului nu a adus bucurie mineralogilor. In afară de argiroditul din care fusese descoperit și de o sulfură complexă de germaniu și cupru, germanit, nu s-au mai găsit alte minerale proprii. Dar și mineralele amintite se întîlnesc rar și conțin cantități reduse de germaniu.

Prezența germaniului a fost identificată într-o serie de minerale în special sulfuri, dar mereu în can-

---

[1] W. Wawrzyczek „Creatorii chimiei", Varșovia, 1959, p. 310, (n. a.).



Un element cu preferință pentru deșeuri.

tități mici, de ordinul fracțiunilor de procente, Era mai ușor să-l găsești în produsele prelucrării metalurgice ale acestor minereuri decît în ele însăși. S-a găsit germaniu în retortele de la distilarea termică a zincului, în pulberile volatile adunate în drumul spre coș al diferitelor gaze, în nămolurile-deșeu de la fabricarea acidului sulfuric.

— Element cu preferință pentru deșeuri, au zîmbit cercetătorii.

Cantități mici de germaniu s-au găsit apoi în cărbuni și țițeiuri, demonstrînd rolul pe care l-a jucat acest element în organismele vegetale și animale în perioada îndepărtatelor epoci geologice. S-a constatat că aproape nu există cărbune fără germaniu,

țiței fără germaniu. Aceasta ne dovedește că germaniul s-a acumulat în trecut în plante și în diferite microorganisme.

Prin arderea cărbunilor germaniul rămîne în cenușă, concentrîndu-se uneori pînă la marea cantitate (pentru germaniu, desigur) de 1%. În procesul de distilare al cărbunilor, germaniul rămîne în deșeurile distilării, așa-zisele ape amoniacale, care conțin uneori cîteva miimi de gram de germaniu la litru. Deci, din nou în deșeuri!

O astfel de răspîndire a făcut ca germaniul să fie încadrat în categoria metalelor disperse, care nu formează minerale proprii. Cu toată marea lui dispersare, germaniul nu este un element atît de rar cum s-ar crede; clarkul lui le depășește pe cele ale plumbului, stibiului, argintului, aurului și mercurului luate la un loc.

Utilizările germaniului la început s-au dovedit a fi reduse. Singurul compus mai interesant, care a căpătat utilizare, a fost bioxidul de germaniu GeO_2, folosit în industria sticlei optice pentru mărirea indicelui de refracție. Părea că atomii de germaniu sînt foarte satisfăcuți de locul care le-a fost găsit în lentilele aparatelor fotografice și a binoclurilor. Cine se mai obosea în aceste condiții să scormonească tot felul de deșeuri pentru ca prin procese chimice costisitoare și pline de migală să extragă dispersații atomi de germaniu!

Și astfel tone de germaniu plecau anual pe coșurile fabricilor, risipindu-se în atmosferă sau zăceau neutilizate în haldele aruncate în dosul fabricilor de acid sulfuric. Germaniul metalic cristalin putea fi văzut doar în cîteva muzee și laboratoare din marile centre științifice ale lumii, unde era prezentat ca o curiozitate:

— Acesta este un element rar, neobișnuit de dispersat în natură, cu utilizări practice reduse. Se numește germaniu.

Toate acestea nu țin de domeniul trecutului îndepărtat: au trecut doar 15—20 de ani de atunci.

...ŞI ANALOGUL LUI CU NENUMĂRATE UTILIZĂRI

Priviţi tabloul lui Mendeleev ! Grupa a IV-a — subgrupa carbonului : carbon, siliciu, germaniu.

Ce deosebire uriaşă între soarta pe care a avut-o de-a lungul secolelor în istoria omenirii germaniul faţă de analogul lui superior — siliciul !

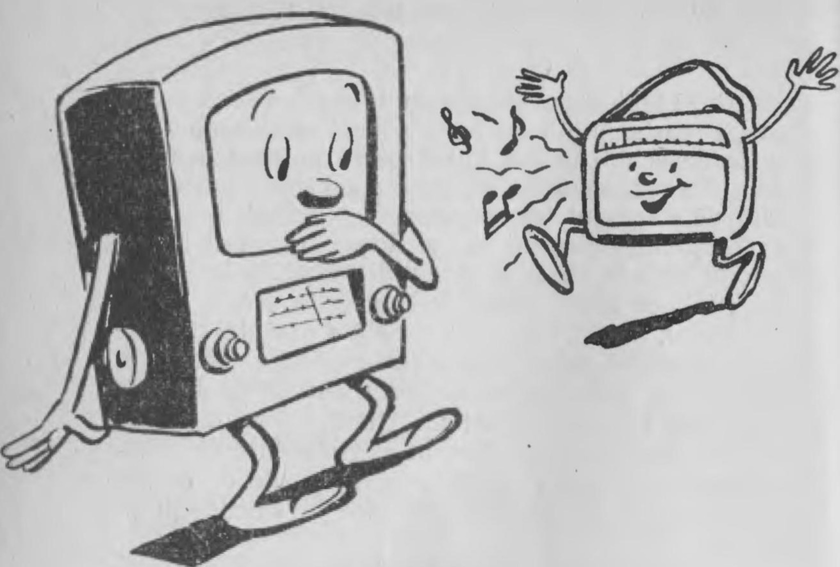
Germaniul, element rar şi dispersat, omul l-a cunoscut abia la sfîrşitul secolului trecut, şi la început i-a găsit cu greu cîteva utilizări modeste.

Siliciul, însăşi, baza structurală a planetei noastre, a constituit o armă puternică în mîinile omului începînd din zorile primelor civilizaţii. 27% din litosferă este formată din siliciu. Omul, l-a întîlnit peste tot : în masivele munţilor, în pietrele dure şi netede rostogolite de apele rîurilor, în nisipurile de pe malurile apelor, în argilele pe care le călca sub picioare.

Dintr-un compus al siliciului, cremenea sau silexul, şi-a cioplit omul primitiv primele unelte ale epocii de piatră, din argile a ars primele oale de lut. Cu 12 secole înaintea erei noastre, din topirea nisipului cu soda omul a obţinut primele sticle. Cristalul de stîncă transparent, strălucitor şi pur, a constituit primele podoabe şi bijuterii care şi-au păstrat valoarea în decurs de secole şi milenii.

Ca un fluviu larg şi bogat ale cărui ape se ramifică continuu, fertilizînd mereu pămînturi noi, aşa au trecut utilizările siliciului datorită compuşilor săi, de-a lungul întregii istorii a omenirii, cucerind neîncetat noi domenii de utilizare în folosul omului.

Dacă s-ar aduna la un loc tot ce s-a scris despre siliciu, începînd cu mineralele lui şi ajungînd pînă la marile uzine moderne în care compuşii siliciului se transformă în ceramică, sticlă, abrazivi, materiale de construcţie, aliaje cu diferite metale şi atîtea altele, s-ar forma o bibliotecă de mii şi mii de volume.



Copilul minune — radioul cu tranzistori.

Răspîndirea fundamental deosebită, domeniile de utilizare incomparabile între ele, totul a făcut ca pînă nu de mult drumurile celor doi frați din sistemul periodic, germaniul și siliciul, să pară despărțite pentru totdeauna. Numai în tabloul periodic al elementelor și în cărțile de chimie, frații aparent atît de deosebiți, rămîneau reuniți în aceeași familie a elementelor tetravalente, legați prin structura asemănătoare a atomilor lor și prin proprietăți chimice apropiate.

Și dintr-o dată căile celor două elemente s-au încrucișat. Siliciul și germaniul au intrat aproape simultan în lumea tehnicii celei mai moderne, făcînd ca numele lor să fie pronunțat mereu împreună. De data aceasta deschizătorul de drumuri a fost germaniul, care a adus în limbajul tehnicii o semnificație cu totul nouă pentru o noțiune cunoscută de mult — noțiunea de semiconductor.

După proprietăţile lor electrice, materialele se pot împărţi în : cele care conduc bine curentul electric — conductoare, cele care practic nu conduc de loc curentul electric — materiale izolante şi materiale cu proprietăţi intermediare, denumite semiconductori. Printre ele se numără diamantul, grafitul, diferite aliaje, săruri etc. De multă vreme materialele semiconductoare şi-au găsit numeroase utilizări în cele mai variate domenii ale tehnicii. Singura electrotehnica considera semiconductorii lipsiţi de proprietăţi interesante. Prea puţin folositoare îi erau materialele care nu puteau servi nici drept conductori şi nici ca izolatori !

Pe neaşteptate practica a arătat că tocmai materialele care din punctul de vedere al conductibilităţii electrice ocupă un loc intermediar între izolatori şi metale, posedă o structură electronică specială, care le conferă proprietăţi cu totul deosebite.

Academicianul sovietic A. F. Ioffe, considerat cel mai mare specialist al vremurilor noastre în fizica solidului, spunea că cele mai importante probleme ale ştiinţei, care frămîntă la ora actuală omenirea, sînt energia atomică şi semiconductorii. Iar dintre semiconductori, cei care şi-au găsit cele mai largi domenii de aplicare sînt tocmai germaniul şi siliciul.

Este suficient să dăm cîteva exemple, pentru a ilustra colosala însemnătate a noilor sosiţi în diferitele ramuri ale ştiinţei.

În decurs de numai cîţiva ani, semiconductorii au provocat o adevărată revoluţie în electrotehnică şi electronică. Se ştie că un tub electronic modern are o durată de funcţionare de cca 2 000 ore, în timp ce un cristal semiconductor poate funcţiona timp de 1 000 000 de ore.

Cristalele semiconductoare s-au introdus în construcţia aparatelor de radio din 1948. Lămpile electronice (triodele) au fost înlocuite prin cristale semiconductoare cu acelaşi rol, denumite tranzistori. Dacă ne gîndim că lămpile electronice sînt aparate fragile care trebuie manipulate cu precauţie, că un tranzistor ocupă a mia parte din volumul unei triode obişnuite, că are a suta parte din greutatea ei şi consumă a zecea parte din curentul electric necesar alimentării tubului electronic — vedem ce au însemnat semiconductorii pentru radiofonie.

Frumoasele aparate de radio portative, produse la noi în ţară, îşi datorează dimensiunile mici şi greutatea redusă faptului că sînt construite cu tranzitori.

Folosind cristalele semiconductoare de germaniu şi siliciu s-au construit aparate de radio minuscule, de dimensiunea unei cutii de chibrituri sau a unei ghinde care se montează direct în ureche. Ele sînt foarte rezistente la şocuri mecanice, nu se deteriorează la lovituri, vibraţii etc.

Utilizări largi ale semiconductorilor se bazează pe proprietatea lor de a-şi modifica rezistenţa electrică în funcţie de temperatură. Folosind această proprietate s-au născut termorezistenţele cu semiconductori, numite termistori, care pot măsura diferite temperaturi cu o precizie de o miime de grad Celsius. Cu ajutorul unor dispozitive de dimensiuni foarte mici cu termistori se poate măsura temperatura unui fulg de zăpadă sau a oricărei regiuni din corpul omenesc, deoarece un fir extraordinar de fin, avînd la capăt o minusculă sferă semiconductoare, se poate introduce fără pericol în orice organ al corpului omenesc, pînă şi în inimă.

Folosind termistorii, s-au construit aparate numite bolometre, care măsoară de la distanţă energia de radiaţie. Sensibilibilitatea lor este atît de mare, încît permite determinarea radiaţiei unei ţigări aprinse de la o distanţă de cîţiva kilometri. S-a făcut

o experiență cu adevărat uimitoare, trimițînd spre Lună un fascicul de raze infraroșii, emise de un corp încălzit. Fasciculul a fost reflectat de suprafața Lunii și înregistrat pe Pămînt cu ajutorul unui bolometru cu semiconductori. Tot pe bază de termistori s-au construit aparate automate pentru controlul funcționării instalațiilor chimice, metalurgice etc.

Semiconductorii posedă și proprietatea de a redresa curentul electric din alternativ în continuu. Redresoarele de curent cu siliciu și germaniu au un randament de 98%, cu mult mai ridicat decît al tuturor sistemelor de redresare mai vechi. In unele mari uzine electrochimice, care lucrează cu curent continuu, a început înlocuirea vechilor redresoare, voluminoase și mai puțin productive, prin mici instalații cu semiconductori de germaniu sau siliciu.

Calitatea de redresor a semiconductorilor se folosește și ea în radiotehnică: lămpile redresoare electronice (diodele) se înlocuiesc cu mici diode cristaline cu semiconductori, care au o capacitate neglijabilă, rezistență mecanică mare, nu necesită reglare și acordare.

In ultimul timp, efectuarea unor calcule complicate într-un timp incomparabil mai scurt decît cel în care le poate face mintea omenească se realizează cu ajutorul mașinilor electronice de calcul. Aceste mașini au permis, de exemplu, să se poată calcula în fiecare moment poziția rachetelor lansate de pe Pămînt în Cosmos și să se poată interveni în timp util în dirijarea traiectoriei lor.

O mașină electronică de calcul, care conține mii și zeci de mii de tuburi electronice, are un consum de curent mare și ocupă volumul unei camere. Prin înlocuirea tuburilor electronice cu semiconductori, curentul consumat se reduce de zece ori, volumul mașinii devine cît al unui dulap, iar durata de funcționare este practic nelimitată. In același timp se exclud posibilitățile de avarii în urma defecțiunilor survenite în tuburi electronice. De pe acum, ciber-

netica modernă nu mai poate fi concepută fără semiconductori.

Mărirea productivității muncii, legată de eliberarea de munci grele a unui mare număr de muncitori, asigurarea unei securități cît mai avansate în muncă, a promptitudinii în deservirea utilajelor — iată cîteva din scopurile pe care și le propune una dintre cele mai moderne științe în serviciul omului — automatizarea. Rolul semiconductorilor în automatizare este uriaș.

Cristalele semiconductoare au proprietatea de a-și modifica conductibilitatea electrică sub efectul luminii. Aceasta a făcut să se nască fotorezistențele, care fac să pornească sau să se oprească automat diferite utilaje sub efectul unei raze de lumină care cade pe cristalul fotosensibil. Au fost create mașini „înțelepte", care „văd" cînd mîna muncitorului e în pericol să fie lovită sau zdrobită și se opresc automat de la distanță, uși ce se deschid „simțind" apropierea unui om, garaje care își deschid porțile „văzînd" lumina felinarelor automobilului.

Pe proprietatea semiconductorilor de a emite electroni sub influența luminii, generînd curent electric, se bazează crearea elementelor producătoare de electricitate — a fotoelementelor. Cu ajutorul lor putem transforma astăzi lumina soarelui în energie electrică.

Am amintit numai cîteva dintre utilizările semiconductorilor. S-ar putea enumera cu mult mai multe, toate interesante și foarte folositoare [1].

După scurta noastră incursiune în domeniul „cristalelor revoluționare", să ne întoarcem la germaniu, elementul care a deschis cu adevărat „epoca semiconductorilor" — și la fratele lui — siliciul, căruia din motive cu totul speciale, în ciuda imensei lui răspîndiri în natură i-am permis să figureze în rîndul metalelor rare de care ne ocupăm.

---

[1] Vezi cartea: Gleb Anfilov, „Ce sînt semiconductorii" Editura Tineretului, 1959, (n.a.).

Electronicienii şi-au spus aşadar cuvîntul:

— Germaniul şi siliciul sînt minunate materiale semiconductoare. Daţi-ni-le în cantităţi cît mai mari, de calitate cît mai bună şi vom revoluţiona tehnica!

Tehnologilor nu le-a venit de fel uşor să ţină pasul cu exigenţele electronicei. Incontestabil că problema cea mai dificilă în întregul proces de introducere în tehnică a materialelor semiconductoare a fost obţinerea acestora cu caracteristici corespunzătoare. Aceasta datorită faptului că în decursul experimentării aparatelor cu semiconductori a rezultat că se pot realiza succese în acest domeniu numai cu condiţia utilizării unor materiale cu o puritate de-a dreptul fantastică.

In momentul în care electronicienii şi-au formulat cererile lor, acestea au apărut pentru chimişti şi metalurgişti practic irealizabile la nivelul tehnicii existente. Reprezentanţii electronicei răsturnau vechea noţiune de „metal pur". Şi, simultan cu ei, şi-au exprimat revendicările nu mai puţin pretenţioase reprezentanţii unui alt domeniu proaspăt născut — al tehnicii nucleare:

— Ne trebuie metale nuclear pure!

Vechea metalurgie (aici calificativul de „veche" nu se mai referă la metalurgia de acum un secol sau două, ci la metalurgia de acum 20 de ani) nu fusese pusă niciodată în situaţia de a produce în masă astfel de materiale. Dar, ca de atîtea ori în ultimele decenii, tehnica nouă impunea crearea de tehnologii noi şi în domeniul materialelor pure; în ultimii 10—15 ani s-a desfăşurat o adevărată întrecere pentru cucerirea „a cît mai mulţi de 9" după virgula pusă în urma cifrei 99, cînd vorbim de puritate.

O dată cu apariţia semiconductorilor şi a materialelor necesare pentru tehnica nucleară, s-a terminat cu timpurile cînd tehnologii numeau „pure" metalele cu un conţinut de 99,9% din metalul res-

pectiv. Electronica nu voia să audă nici de semiconductori cu o puritate de 99,999%. De fapt, semiconductorii nici nu pot exista la un astfel de grad de „murdărie“ !

În sfîrşit, după o muncă laborioasă, tehnologii, chimiştii şi metalurgiştii au prezentat primele materiale cu care se puteau mîndri : cele mai sensibile aparate de analiză spectrală indicau o puritate de 99,999999%. Mai departe nu mai mergea sensibilitatea aparatelor.

— Numai şase de 9! au spus cu condescendenţă electronicienii. Continuaţi purificarea, încercaţi alte metode, nouă ne mai trebuie cel puţin încă 2—3 de 9.

După ani de muncă perseverentă, după mii de încercări, s-au născut materialele de înaltă puritate — ultrapure — necesare tehnicii semiconductorilor. În aceste materiale un atom de impuritate, adică dintr-un element străin, revine la un miliard sau chiar la 10 miliarde de atomi ai metalului de bază.



Calea spre înalta puritate.

Adică, un conţinut de impurităţi de 10^{-8} sau 10^{-9}%, după cum obişnuiesc să-l exprime electronicienii, sau un metal cu o puritate de 99,99999999—99,999999999%.

Pentru a atinge astfel de performanţe, în decurs de numai un deceniu a fost creat un nou domeniu al metalurgiei, bazat pe procedee deosebite — metalurgia metalelor ultrapure.

Fizicieni, chimişti, electricieni, metalurgişti au lucrat mînă în mînă pentru realizarea utilajelor necesare şi punerea la punct a procedeelor noi. Aceste procedee au permis obţinerea germaniului de puritate corespunzătoare pentru semiconductori, a siliciului şi a unei serii întregi de materiale semiconductoare noi.

CUPTORAŞUL UMBLATOR

Pentru a ajunge la cristale pure de siliciu sau de germaniu, se prepară întîi compuşii lor: cloruri, ioduri, compuşi cu hidrogenul. Aceştia se purifică în repetate rînduri, de obicei prin distilare, în aparate construite din materiale foarte pure, care nu reacţionează cu substanţele prelucrate. Adeseori aparatura se construieşte din sticlă de cuarţ pură.

Se iau deci toate măsurile posibile în vederea asigurării purităţii produsului: se lucrează în aparatură inertă, în atmosferă de gaze pure sau în vid, cu materiale care au suferit numeroase purificări anterioare. Prin descompunerea termică a compuşilor siliciului sau germaniului sau prin reducerea lor cu hidrogen se obţine metalul în formă de pulbere (uneori în formă de depozit compact, cu aspect metalic), care apare la spectroscop „spectral pur". Nici o linie străină nu mai tulbură limpezimea spectrului metalelor.

S-ar putea crede că s-a ajuns la puritatea necesară. Abia atunci însă spectroscopul este lăsat la o parte, ca insuficient de sensibil şi intervin mă-

surătorile extrem de precise ale conductibilității electrice. Iată că din nou metalul nu apare suficient de pur!

Ce se întîmplă cînd toate procedeele metalurgiei moderne au fost epuizate, rămînînd neputincioase în fața exigențelor electronicii? Mai rămîne o singură cale: găsirea unor procedee noi.

S-a împlinit de curînd un deceniu de cînd aceste procedee au fost descoperite. Lor le datorăm în foarte mare măsură uriașa dezvoltare a tehnicii semiconductorilor. Unul dintre noile procedee este topirea zonală sau zonarea. Principiul? Extrem de simplu, ca al multor mari descoperiri.

Faceți să înghețe o soluție concentrată de apă sărată. Cînd s-a format prima pojghiță de gheață, luați o bucățică, spălați-o ușor de saramură și puteți s-o introduceți liniștit într-un pahar cu limonadă dulce. Gustul limonadei va rămîne nealterat. Gheața este lipsită de sare, cu toate că a cristalizat din saramură. Moleculele de apă, aranjîndu-se în edificiul cristalin al gheții, au avut grijă să alunge dintre ele intrușii — moleculele de clorură de sodiu! O dată cu cristalizarea a avut loc și purificarea cristalelor substanței care „a înghețat".

Imaginați-vă acum un cuptor circular în formă de inel îngust, încălzit la o temperatură ridicată. Prin inelul cuptorului se trece un tub de cuarț care conține în interior o nacelă lungă, în care se găsește o bară subțire, turnată dintr-un metal semiconductor. Acum cuptorașul încins începe să se deplaseze lent de la un capăt la altul al tubului de cuarț. Porțiunea din bara metalică care se află în dreptul inelului fierbinte al cuptorului se topește. Pe măsură ce cuptorașul înaintează, porțiunea topită iese din cuptor și se solidifică, iar zona imediat învecinată care a intrat în cuptor se topește.

Cînd zona care fusese topită, rămasă acum în spatele cuptorașului, se răcește și cristalizează, cristalele ei își trimit rămășițele de impurități în topitură, adică în zona topită din fața ei, aflată acum în interiorul cuptorului; și într-o mică măsură îna-

poi, în funcţie de capacitatea impurităţilor din bară de a se dizolva în substanţe solide şi lichide. In felul acesta, cînd „cuptoraşul umblător" îşi termină cursa, el face ca impurităţile din bară să se colecteze la capătul de la sfîrşitul cursei. In colectarea impurităţilor prin topire pe porţiuni (zone) constă procedeul de topire zonală, care poate fi numit tot aşa de bine procedeu de recristalizare zonală.

In practică, de-a lungul unei bare metalice care urmează să fie purificată, se trece de obicei nu un singur cuptoraş, ci succesiv mai multe cuptoraşe, aşezate la intervale destul de mari, încît să permită metalului să se solidifice între ele, adică să cristalizeze. Pentru a se obţine o bună purificare, viteza de înaintare a cuptoraşelor trebuie să fie foarte mică, de cîţiva cm pe oră.

In cuptoare de topire zonală se pot topi şi pulberi metalice pe măsură ce avansează zona fierbinte, formînd o bară.

O singură topire zonală nu asigură o purificare suficientă. Se fac uneori zeci de zonări pînă se ajunge ca porţiunea centrală a barei să capete o puritate de semiconductor. Topirea zonală se face în vid sau în atmosferă de gaze inerte.

Uneori, pentru nevoile tehnicii semiconductorilor, aceştia trebuie să fie constituiţi din fracţiuni tăiate dintr-un singur cristal foarte pur — monocristal. Monocristalele nu se pot obţine în cuptoarele de zonare, cu toate că principiul producerii lor este acelaşi cu al topirii zonale: cristalizare lentă din mediul topit.

Pentru a obţine un monocristal, în topitura de germaniu sau siliciu, aflată într-un creuzet din interiorul unui cuptor special, se introduce un cristal al metalului respectiv, foarte pur, de dimensiuni mici. Cristalul serveşte ca „germene de cristalizare". El începe să crească în topitură şi este ridicat foarte încet în sus, pe măsură ce creşte. Treptat, în cîteva ore se formează un bastonaş dintr-un singur cristal lung.

Acest cristal este mai pur decît masa din care a luat naştere. Totuşi el se topeşte din nou şi iar „se trage“ în monocristal, operaţia se repetă pînă ce conductibilitatea lui electrică arată că este bun pentru semiconductori.

Prin procedeul de tragere al cristalelor se pot obţine materiale şi mai pure decît prin topire zonală. Pentru a obţine purificarea cea mai avansată, materialele topite zonal se supun după aceea tragerii în monocristale.

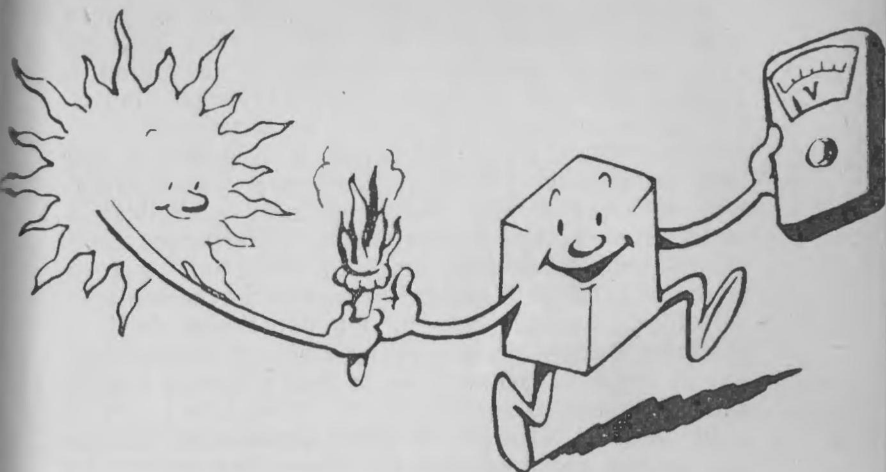
Metalurgia semiconductorilor implică, după cum am văzut, folosirea unor procedee foarte migăloase, costisitoare şi cu productivitate redusă. Aceste procedee, aplicate iniţial numai siliciului şi germaniului, s-au extins şi asupra altor metale. În special topirea zonală a devenit un procedeu aplicat larg, ori de cîte ori e nevoie de metale, săruri, diferiţi alţi compuşi de înaltă puritate.

Să ne întoarcem din nou la metalele noastre. Poate să pară curios că vorbind despre metalul rar germaniu, cel care a făcut să se nască tehnica semiconductorilor, am tratat alături de el şi siliciul, metal care constituie 27% din scoarţa pămîntului.

Dacă ne reamintim însă că noţiunea de metal rar este o noţiune istorică şi trecătoare, nu trebuie să ne surprindă că siliciul metalic cu o puritate de 99,999999999% îl putem considera astăzi un metal rar. Acum cîţiva ani producţia lui era de cîteva kilograme, iar preţul lui era mai ridicat decît al aurului. Astăzi se produc tone şi chiar zeci de tone de siliciu metalic de înaltă puritate şi preţul lui a scăzut. Dar atît prin producţie cît şi prin preţ el mai este încă un metal rar.

Desigur, vor trece anii, poate foarte puţini ani chiar, şi siliciul metalic nu va mai fi rar. Amintiţivă că o soartă asemănătoare au avut aluminiul şi titanul!

Noi nu putem decît să-i dorim să poarte cît mai scurtă vreme aureola de metal rar şi să ajungă cît mai curînd un element obişnuit în viaţa noastră, pe care să avem ocazia să-l întîlnim cît mai des.



Cristalul de siliciu — un Prometeu al zilelor noastre.

SOARELE ŞI SILICIUL

Nici obţinerea monocristalului nu reprezintă etapa finală în naşterea unui semiconductor. Pentru diferite utilizări, cristalele semiconductoare suferă diferite prelucrări. Să ne alegem un singur exemplu din cele mai noi utilizări ale semiconductorilor şi să urmărim drumul monocristalului după ieşirea din cuptoraşul de tragere.

Civilizaţia epocii noastre nu poate fi concepută fără electricitate. Electricitatea a devenit sprijinul omului în toate domeniile activităţii sale. Omul a învăţat s-o producă folosind energia calorică degajată prin arderea combustibililor, energia căderilor de apă şi, recent de tot, energia dezagregării atomului. Pe întinsul pămîntului s-au născut puternice centrale termoelectrice, hidroelectrice, atomoelectrice.

A venit şi ziua cînd în căutarea unor noi surse de energie ieftină şi accesibilă, privirile omului s-au îndreptat asupra celei mai puternice surse de energie cunoscută — asupra Soarelui.

Se ştie că Pămîntul primeşte anual de la Soare 1330. 10^{27} Cal. căldură. Energeticienii au calculat că o astfel de cantitate de energie nu ar putea fi produsă de toate centralele electrice de pe planeta noastră nici în milioane de ani de funcţionare.

Fără energie solară Pămîntul ar fi astăzi o planetă moartă, căci Soarele înseamnă însăşi viaţa. Sub acţiunea razelor solare se nasc complicatele molecule ale compuşilor organici, se efectuează complexele procese de fotosinteză în celule vii. Energia pe care o obţinem astăzi prin arderea cărbunilor, petrolului, gazului metan, nu constituie decît o părticică infimă a energiei pe care cu milioane de ani în urmă au primit-o de la Soare diferite plante sau microorganisme.

În decursul ultimelor decenii s-au încercat diferite căi pentru captarea directă a energiei solare. În regiunile călduroase ale globului, unde căldura razelor solare este mai intensă, s-a încercat utilizarea diferitelor sisteme de oglinzi concave, care concentrează în focarul lor razele Soarelui. S-au construit cuptoare solare în care se poate obţine o temperatură suficientă pentru topirea metalelor. Totuşi această cale nu poate căpăta o răspîndire largă, fiind condiţionată de factorii climaterici.

Procedeul viitorului pentru folosirea energiei solare s-a dovedit a fi altul.

În zilele noastre cristalul semiconductor al unui element dintre cele mai răspîndite în natură a reuşit să dăruiască oamenilor puterea de a deveni stăpîni pe energia Soarelui trimisă de la o distanţă de 150 milioane de kilometri şi s-o folosească pentru binele lor. Un Prometeu [1] al zilelor noastre, stăpînul razei de soare, este cristalul semiconductor de siliciu metalic.

Au trecut de-abia 20 de ani din ziua cînd marele savant sovietic, academicianul A. F. Ioffe, a schiţat

---

[1] Erou din mitologie care a furat focul veşnic din Olimp, şi l-a dat oamenilor în folosinţă. (n. red.).

în fața unui auditoriu surprins tabloul unui viitor oraș socialist.

...„Acoperișurile albe ale clădirilor sînt acoperite compact cu nenumărate plăcuțe. Una lîngă alta, mii și mii de plăcuțe, formînd un mozaic straniu. Un nou stil de construcție? Dacă vreți, puteți să-l considerați ca atare, numai că rostul lor nu este acela de ornament: menirea acestor plăci, expuse la lumina razelor Soarelui, este de a capta energia acestora și de a o transforma în energie electrică. Acoperișul fiecărei clădiri în parte constituie o uriașă baterie solară, care produce energie electrică ieftină și abundentă."

Nu au fost puțini cei prezenți la conferința marelui fizician, cărora tabloul prezentat le-a părut o plăsmuire îndrăzneață, realizabilă poate într-un viitor îndepărtat. Pe atunci nimeni nu văzuse încă o utilizare practică a energiei electrice născute într-un cristal sub mîngîierea călduroasă a unei raze de soare.

Dar cînd în 15 mai 1958 cel de-al III-lea satelit artificial al pămîntului creat de savanții sovietici a început să transmită din Cosmos semnale radiofonice regulate, emise de un post de radio alimentat cu baterii solare, și cînd aceste semnale n-au încetat nici după o lună, nici după un an s-a văzut încă o dată că în știință trebuie să ai curajul să visezi, că în evoluția tehnicii zilelor noastre sînt depășite unul după altul cele mai avîntate visuri.

Timp a 691 de zile s-a rotit cel de al treilea sputnic în jurul Pămîntului. Radioemițătorul lui, alimentat în ultima perioadă exclusiv de baterii solare, a funcționat perfect pînă în ultima zi. Alimentarea teleaparaturii care a transmis pe pămînt fotografia feței invizibile a Lunii s-a făcut cu ajutorul energiei electrice furnizate de sursele chimice de curent și de baterii solare.

Cristalul de siliciu a trecut cu succes cel mai greu examen.

Bateriile solare au rolul de a transforma energia Soarelui direct în energie electrică. Elementul transformator, inima acestei microcentrale, este cristalul semiconductor de siliciu.

Am văzut cîtă muncă, cîtă ingeniozitate şi perseverenţă au fost necesare pentru producerea acestui cristal. Să urmărim acum calea pe care o străbate cristalul miraculos pentru a deveni inima vie a bateriei solare.

La Moscova, la Expoziţia realizărilor economiei naţionale, în pavilionul „Electrificarea U.R.S.S.", poate fi văzută macheta unei linii automate de prelucrare a monocristalelor de siliciu pentru producerea bateriilor solare. O astfel de linie a fost creată pentru prima dată în lume în U.R.S.S. şi este deservită doar de 8 oameni.

Rînd pe rînd, monocristalele cilindrice de siliciu sînt tăiate cu ajutorul unor ferăstraie în discuri cu o grosime de cca 1 mm. Acestea se şlefuiesc pentru a avea suprafeţele absolut paralele şi plane, se spală cu acizi şi apoi cu apa cea mai pură, pentru îndepărtarea totală a particulelor străine care ar putea proveni din prelucrarea mecanică. Urmează tratamentul la cald cu bor; atomii de bor pătrund în cristalul de siliciu la o adîncime de 2—3 microni, imprimînd cristalului caracteristici electrice speciale pe adîncimea zonei tratate, în timp ce masa cristalului îşi menţine caracteristicile iniţiale.

Stratul cu bor se lasă numai pe una din feţele discului; de pe cealaltă se scoate prin şlefuire, după care urmează o nouă serie de spălări şi acoperirea feţei curăţite de bor cu un strat metalic bun conducător.

Ultima operaţie este sudarea electrozilor; polul negativ se sudează la pelicula metalică bună conducătoare, cel pozitiv, la stratul semiconductor de siliciu. Semiconductorul se mai acoperă cu un lac de protecţie, şi este gata.

Prezentat în cîteva cuvinte, procesul pare destul de simplu, dar realizarea fotoelementelor pe bază de semiconductori a necesitat ani de experiențe încordate, sute și mii de încercări. O serie de operații, sudarea contactelor bunăoară, se fac sub microscop. Alte operații trebuie făcute în vid sau în atmosferă de gaze inerte pure.

S-a născut un element al bateriei solare. O rază de soare căzînd pe un astfel de element face să apară între electrozii lui o forță electromotoare de 0,5 volți. Mai multe elemente, legate în serie sau în paralel, formează o baterie solară. Intr-o zi senină o baterie solară cu o suprafață de 1 dm² poate furniza un curent electric cu puterea de 1 watt.

Sub ochii noștri se naște știința folosirii energiei solare, heliotehnica.

In U.R.S.S. s-au construit aparate de radio cu baterii solare. Ele funcționează ziua cu baterii solare, iar noaptea cu acumulatori, a căror încărcare se face în timpul zilei, tot cu o baterie solară. Diferite aparate cu baterii solare au căpătat de pe acum utilizare practică în regiunile depărtate de rețele electrice. Energia lor servește pentru alimentarea aparatelor de radio, și chiar pentru iluminat. Perspective largi se deschid pentru heliotehnică în regiunile însorite ale sudului, unde soarele strălucește puternic timp de peste 200 zile pe an. In U.R.S.S., în Asia Centrală, se proiectează construcția primei helioelectrocentrale cu o putere de 10 000 kw, care va produce deci de două ori mai multă energie decît prima centrală atomică.

Heliocentralele vor fi fără îndoială principalele surse de curent ale navelor cosmice și ale stațiilor interplanetare. Prin intermediul cristalelor semiconductorilor. Soarele va furniza electricitatea necesară funcționării tuturor aparatelor.

Acestea sînt faptele minunate ale cristalului semiconductor de siliciu, care, alături de germaniu, se va naște începînd din anul 1961 și într-o fabrică modernă din țara noastră, „Electronica".

PĂMÎNTURILE RARE

„LA ÎNCEPUT, GALAXIILE LE APAR SAVANȚILOR DREPT NEBULOASE"...

„In sistemul periodic a lui Mendeleev pleiada pămînturilor rare, care ocupă o căsuță comună, apare ca o galaxie independentă în lumea tuturor celorlalți atomi.

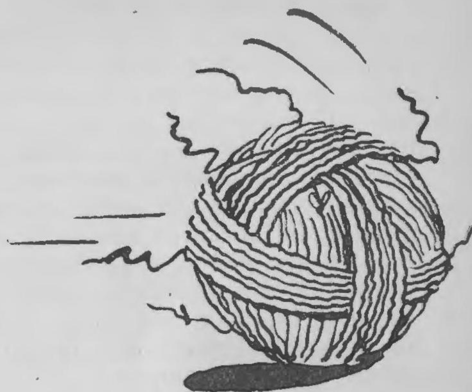
La început, galaxiile le apar savanților drept nebuloase, iar apoi în ele se descoperă stele din cele mai variate categorii spectrale. Un proces cu totul analog are loc în domeniul cunoștințelor noastre despre pămînturile rare."

Cu aceste cuvinte, academicianul A. P. Vinogradov a deschis în iunie 1956 consfătuirea pe Uniunea Sovietică, despre obținerea și utilizările pămînturilor rare.

S-au susținut zeci de referate, au luat cuvîntul zeci de savanți și oameni de știință din diferite domenii. Concluziile consfătuirii au fost clare: pămînturile rare au încetat de a mai fi o curiozitate de laborator. Puține sînt elementele care într-un timp atît de scurt să-și fi cucerit un domeniu de aplicare așa de variat. Ieri încă, curiozități de laborator, elementele pămînturilor rare devin astăzi în mîinile omului o puternică armă de luptă pe calea spre progresul tehnic.

Și în istoria descoperirilor chimice cele 15 elemente cunoscute sub denumirea de pămînturi rare ocupă un loc deosebit.

Astăzi problema lor este lămurită și se poate explica cu claritate de ce 15 elemente ale sistemului periodic stau înghesuite în același pătrățel, cu toate că au numere de ordine și greutăți atomice diferite. Nu de mult însă, această familie a constituit una



Pămînturile rare păreau un ghem încîlcit.

dintre cele mai complexe probleme ale chimiei contemporane.

Elementele pămînturilor rare formau parcă un ghem nespus de încîlcit de aţe multicolore, plin de capete şi noduri. Ghemul acesta s-a rostogolit timp de 150 de ani prin laboratoarele celor mai mari savanţi ai timpurilor. De fapt, întreaga încîlceală era produsă numai de 15 fire, cele 15 elemente ale pămînturilor rare. Cercetători cu renume mondial au consacrat ani şi zeci de ani de muncă pentru a descîlci măcar cîte un fir al acestui ghem şi nu o dată au trebuit să recunoască că ceea ce ieri părea o descoperire importantă, a doua zi se dovedea o eroare.

Pe parcursul istoriei pămînturilor rare întîlnim nume ilustre de savanţi ca Mosander şi Delafontaine, Boisbaudran şi Brauner, Crookes şi Moseley, Urbain şi Auer von Welsbach şi însuşi numele părintelui sistemului periodic, Dmitri Ivanovici Mendeleev. Încetul cu încetul, ei au selecţionat descoperirile reale de cele eronate, mai abundente în acest domeniu al chimiei ca în oricare altul.

Zadarnic aţi căuta astăzi în tabloul lui Mendeleev elemente cu denumiri sonore de cosmiu şi neocosmiu, austriu şi demoniu, incognitiu şi victoriu, aldebaraniu şi cassiopiu, damariu şi luciu !

După o muncă de peste un secol „nebuloasa a devenit galaxie", şi din „grînarul cosmic" al elementelor chimice, cum denumea această familie savantul englez Crookes, au intrat în lumea ştiinţei doar 15 elemente, avînd numerele de ordine cuprinse între 57 şi 71. Primul, numărul 57, este lantanul şi datorită asemănării următoarelor elemente cu capul de serie, adeseori ele mai poartă numele de lantanide sau lantanoide.

Intreaga istorie a lantanidelor este un exemplu viu al luptei pentru descoperirea adevărului ştiinţific. Această luptă a dezvăluit un domeniu nou, de o rară bogăţie, deşi încă destul de puţin cunoscut chiar în zilele noastre.

DIN ISTORIA ELEMENTELOR PĂMÎNTURILOR RARE

In Suedia, nu departe de capitala ţării, Stockholm. se găseşte un bătrîn orăşel, Ytterby. Numele lui nu-l veţi afla în cărţile de geografie generală. In schimb, îl veţi întîlni în orice carte de chimie care cuprinde tabloul periodic al elementelor: elementul cu numărul de ordine 39 poartă numele de ytterbiu. Şi, interesant, parcă un chimist amator de rebusuri s-ar fi jucat cu acest nume: îl veţi regăsi combinat şi trunchiat în fel şi chip la alte trei elemente ale sistemului yttriu, terbiu, erbiu.

Originea acestor nume începe cu o întîmplare din anul 1787, cînd un locotenent al armatei suedeze, Karl Arrhenius, chimist şi mineralog amator, a descoperit într-o veche carieră de piatră în apropiere de Ytterby o bucată dintr-un mineral negru, necunoscut, pe care l-a denumit ytterbit.

Aşa a început una dintre cele mai pasionante şi mai complexe istorii de cercetare ştiinţifică din domeniul chimiei anorganice — istoria pămînturilor rare.

După şapte ani, bucata de ytterbit a ajuns în laboratorul chimistului finlandez Gadolin, care analizînd-o a constatat că mineralul conţinea cam 38% oxidul unui element necunoscut. Numele mineralului, ca o răsplată a descoperirii lui Gadolin, a fost schimbat mai tîrziu în gadolinit, dar orăşelul Ytterby a intrat din nou în lumea chimiei, prin denumirea dată de Gadolin elementului descoperit: „pămînt de yttriu".

În 1803 Berzelius şi, independent de el Klaproth, studiind mineralul ocroit, au descoperit în el un element nou pe care l-au numit „pămînt de ceriu", în cinstea planetei Cerera descoperită cu puţin mai înainte.

De la început chimiştii au fost frapaţi de proprietăţile asemănătoare ale pămîntului de yttriu şi ale celui de ceriu. În curînd s-a constatat că aceste elemente nu numai că se aseamănă, dar se găsesc împreună în aceleaşi minerale.

Chiar la începutul cercetărilor asupra acestor pămînturi, chimiştii au întîmpinat greutăţi mari. Cantităţile elementelor erau mici, metodele de analiză foarte laborioase, elementele dînd reacţii foarte asemănătoare. Ele au primit numele de „pămînturi rare", care s-a încetăţenit în lumea ştiinţifică.

Aşadar, fuseseră descoperite două elemente noi, yttriul şi ceriul. Un timp s-a crezut că totul e lămurit în lumea noilor pămînturi, cînd în 1839, elevul şi colaboratorul lui Berzelius, Karl Mosander, analizînd nişte săruri de ceriu, a descoperit un „însoţitor ascuns" al ceriului pe care l-a numit lantan (în limba greacă „lantanos" înseamnă ascuns).

Au apărut deci trei pămînturi rare.

Chimiştii au intrat la îndoială. Dacă ceriul era de fapt un amestec de ceriu şi lantan, oare lantanul la rîndul lui nu mai ascunde vreo surpriză? Într-adevăr, după o muncă intensă de doi ani, Mosander separă din lantan încă un „pămînt" extrem de greu de deosebit de lantan. Savantul l-a numit „didim", adică „dublură".

A venit rîndul pămîntului de yttriu să fie studiat mai amănunțit. După un timp același cercetător a reușit să separe din pămîntul de yttriu încă două elemente noi, pe care le-a numit terbiu și erbiu. Cu aceasta s-a încheiat șirul descoperirilor făcute de Mosander. (Din fericire — căci nu-i mai rămîneau decît ultimele patru litere neîntrebuințate din cuvîntul Ytterbiu !)

În 1841 se cunoșteau șase pămînturi rare : yttriu, terbiu, erbiu, ceriu, lantan și didim. Asemănarea dintre ele era atît de mare, încît separarea lor implica greutăți nemaiîntîlnite la alte elemente cunoscute pînă atunci. Nu existau metode precise de control. Și în mintea multor chimiști s-a născut întrebarea : oare sînt numai șase?

Treceau ani și descoperirile continuau... În 1878 Marignac a separat din erbiu un nou element, ytterbiul. În 1879 s-a constatat că erbiul mai conține încă două elemente : holmiul, numit așa în cinstea orașului Stokcholm și tuliul (de la Thule, vechea denumire a Scandinaviei). În același an a fost descoperit în didim elementul samariu. Dar în 1885 didimul a dispărut pentru totdeauna din lista elementelor chimice ; Auer von Welsbach a dovedit că el se compune din două elemente, pe care le-a numit neodim („noul didim") și praseodim (adică „didimul verde", deoarece sărurile lui sînt verzi).

În anul următor 1886, Boisbaudran a descoperit în samariu elementul gadoliniu, iar peste puțin timp din holmiu s-a separat dysproziul, sau „greu accesibilul". Prin munca unei serii de savanți, în 1900 în samariu a fost descoperit un element nou, europiul. Iar după cîțiva ani, Urbain a separat din ytterbiul, descoperit de Marignac, lutețiul (Lutetia — vechea denumire a Parisului).

După cum vedem, un noian întreg de elemente foarte asemănătoare între ele. Care era explicația uimitoarei asemănări? Care era locul lor în tabloul periodic al elementelor ?

Chimia clasică nu știa să răspundă la aceste întrebări. Abia în 1913, cînd fizicianul englez Mo-

seley a descoperit că numărul de ordine al unui element se poate determina după lungimea de undă a radiației Roentgen a elementului respectiv, a început adevărata ordonare a elementelor pămînturilor rare. Cercetările lui Moseley au demonstrat individualitatea chimică a noilor pămînturi. Explicația definitivă a curioaselor proprietăți a celor 15 elemente a venit ceva mai tîrziu și ea se datorește teoriei structurii atomului.

...*CARE NU SÎNT RARE*

Nu numai chimia pămînturilor rare a avut de străbătut o cale grea. Istoria mineralelor acestor elemente a parcurs și ea un drum plin de dificultăți, mai lung chiar decît acela al elementelor însăși. Atenția geologilor și mineralogilor fusese atrasă de unele minerale noi, considerate extrem de rare, care constituiau pe atunci curioase și misterioase exemplare de muzeu. Unele dintre ele au fost descrise chiar din secolul al XVIII-lea. Dar ce elemente conțineau ? La această întrebare nu știa să răspundă nimeni. După descoperirile chimiștilor din secolul al XIX-lea, cînd s-a trezit interesul pentru noile pămînturi, au început intense cercetări mineralogice. Pe atunci se considera că există extrem de puține minerale care să conțină noile pămînturi. Tocmai această presupusă raritate a mineralelor a făcut ca pămînturile să fie denumite „rare".

Și aici surprizele nu s-au lăsat așteptate. O dată cu descoperirea unor metode de analiză mai sensibile, numărul mineralelor în care au fost identificate pămînturile rare a cunoscut o creștere vertiginoasă. Astăzi se cunosc peste 180 de minerale care conțin pămînturi rare. Prezența lor s-a constatat de asemenea în diferite plante și organisme vii. Treptat, ideea rarității geochimice a început să piardă teren.

S-a descoperit un important mineral al pămînturilor rare: monazitul, un fosfat complex de uraniu, thoriu, titan şi pămînturi rare, răspîndit în multe regiuni ale globului. Pămînturile rare însoţesc în permanenţă apatitul — fosfatul de calciu natural. Deşi cantitatea lor în apatit este redusă, răspîndirea mare a apatitului a făcut ca acesta să fie o importantă materie primă şi pentru elementele pămînturilor rare.

În U.R.S.S., în anul 1925, un grup de geologi au plecat în peninsula Kola pentru a cerceta bogăţiile subsolului acestei regiuni, pe atunci puţin cunoscute. După cîţiva ani de cercetări intense în condiţiile grele ale asprei clime nordice, academicianul Alexandr Evghenievici Fersman raporta rezultatele lucrărilor, care întrecuseră toate aşteptările.

„Pe perete a fost întinsă o mare hartă nouă a peninsulei Kola. Şi noi toţi, reprezentanţi ai diferitelor generaţii, sîntem la fel de fermecaţi de povestirea lui Alexandr Evghenievici. El ne povesteşte cum, împreună cu un grup de elevi şi colaboratori, în cele mai grele condiţii, în primii ani de existenţă ai tînărului stat sovietic, ei au cucerit noi bogăţii, ştergînd petele albe de pe pămîntul peninsulei Kola, descoperind în tundrele Hibinilor minunatele legi chimice ale vieţii scoarţei terestre. Şi în faţa ochilor noştri apar tablourile naturii virgine, aspre, dar minunate ale Nordului Îndepărtat. Vedem piscurile golaşe, pietroase ale tundrelor din Hibini şi Lovozero, prăpăstiile acoperite de grohotişuri, întinderile largi ale lacului Imandra, circurile de zăpadă, stîncile abrupte cu pete roşii şi verzi. În faţa noastră apar, în reflexele roz ale nopţii albe, chipurile unor oameni pasionaţi de dragostea pentru ştiinţă şi natură, cercetători îndrăzneţi care caută comorile ascunse în tundrele neumblate, care studiind asociaţiile frumoaselor cristale, pătrund marile legi ale vieţii pămîntului“ [1].

---

[1] D. I. Scerbakov, „A. E. Fersman şi călătoriile lui“ Moscova, 1950, p. 29 (n. a.).

In Kola fuseseră descoperite zăcăminte de apatit de o bogăţie unică în lume. Ele asigurau ţării fosforul necesar pentru obţinerea unor recolte bogate.

Apatitul de Kola mai conţinea însă şi alte elemente, printre care o cantitate totală de pămînturi rare atît de însemnată, încît academicienii A. E. Fersman şi V. I. Vernadski pe baza acestor date au trebuit să recalculeze vechile clarkuri ale acestor elemente.

Rezultatele au fost cu adevărat surprinzătoare. S-a stabilit că conţinutul total al pămînturilor rare în scoarţa pămîntului (0,016%) este de două ori mai mare decît cel al staniului, de trei ori mai mare decît al zincului, de 10 ori mai mare decît al plumbului, de 320 ori mai mare decît al stibiului, de 1600 decît al argintului, de 2500 decît al mercurului şi de 32 000 ori mai mare decît al aurului!

Cel mai răspîndit dintre pămînturile rare s-a dovedit a fi ceriul, iar cel mai puţin răspîndit — europiul. Este suficient însă să spunem că pînă şi europiul singur are clarkul mai mare decît cel al argintului, aurului şi mercurului la un loc, pentru ca concepţia despre lantanide ca „elemente rare" ale scoarţei pămînteşti să se prăbuşească cu desăvîrşire.

Pămînturile rare nu sînt rare!

...ŞI NU SÎNT PĂMÎNTURI

Am văzut, că de fapt, pămînturile rare nu sînt rare în litosferă. Dar sînt ele oare „pămînturi"?

Sub denumirea generală de pămînturi, chimiştii secolelor trecute, inclusiv la începutul secolului al XIX-lea, înţelegeau o serie de substanţe insolubile în apă, cu proprietăţi alcaline, care nu se topeau şi nu se descompuneau prin încălzire. Noţiunea de „pămînturi" cuprindea substanţe cunoscute de

multă vreme, ca: magnezia (oxidul de magneziu MgO), varul ars (oxidul de calciu CaO), pămîntul de beriliu (oxidul de beriliu BeO) etc.

Pînă în secolul al XIX-lea nu s-a știut că pămînturile sînt de fapt oxizi, ele erau considerate ca elemente. Cînd a început seria descoperirilor pămînturilor rare, acestea s-au izolat inițial în formă de oxizi. Asemănarea comportării lor chimice cu a altor pămînturi cunoscute a făcut să capete și ele aceeași denumire. Apoi, încetul cu încetul cercetătorilor le-a devenit tot mai evident faptul că așa-zisele pămînturi sînt oxizi. Prima îndoială i se datorește lui Vauquelin, care, la rugămintea lui Berzelius, analizînd pămîntul de ceriu, a ajuns la concluzia, îndrăzneață că ceriul este un metal.

Astăzi se poate răspunde cu certitudine la întrebarea, ce sînt de fapt pămînturile rare.

Prin numeroase procedee chimice, electrochimice, fizice s-au obținut aceste elemente în stare pură. Inainte de a fi obținute în formă elementară, trebuia să se ajungă la compuși, de obicei săruri sau oxizi, liberi de alte elemente. O mare greutate a constituit-o excepționala apropiere între proprietățile acestor elemente.

Primul procedeu care a permis separarea pămînturilor rare în compuși individuali ai diferitelor elemente a fost cristalizarea fracționată, bazată pe diferența de solubilitate a diferitelor săruri. Principiul este simplu, procedeul însă cere o muncă migăloasă și îndelungată: se prepară o soluție a amestecului de pămînturi rare, care se concentrează și se lasă să cristalizeze lent. Apoi se separă cristalele de soluție; sărurile mai solubile rămîn în soluție, cele mai puțin solubile cristalizează. Cristalele obținute se dizolvă din nou, se concentrează soluția, se lasă din nou să cristalizeze, iar se separă cristalele și se reîncepe ciclul.

Pentru obtinerea azotatului de praseodim, cu o puritate de 99%, au fost necesare însă nu mai puțin de... 5000 de recristalizări, care au impus o muncă încordată timp de un an de zile.

Dar obţinerea praseodimului prin acest procedeu a fost foarte uşoară în comparaţie cu cea a tuliului: după şase ani de muncă s-a obţinut o sare conţinînd numai 20% tuliu, şi au mai trecut încă patru ani pînă la obţinerea sării pure.

Celelalte procedee, bazate pe precipitări succesive sau pe formarea diferiţilor complecşi, erau de asemenea de lungă durată. Deşi în zilele noastre utilizarea separării cu ajutorul schimbătorilor de ioni constituie un mare progres în acest domeniu, totuşi separarea pămînturilor rare mai este şi astăzi unul dintre cele mai laborioase procedee ale chimiei moderne.

Din compuşi puri s-au obţinut elementele pure. Ele sînt toate metale tipice. Deci, pămînturile rare nu sînt nici pămînturi! Pe drept cuvînt, academicianul sovietic A. P. Vinogradov, vorbind despre această curioasă familie de elemente, a spus că numele pe care-l poartă este astăzi un atavism ştiinţific.

Trebuie să mai facem o precizare: cele 15 elemente ale pămînturilor rare, cu numerele de ordine de la 57 pînă la 71, mai au în grupa a III-a a sistemului periodic încă doi fraţi, care, deşi ocupă căsuţe separate, prin proprietăţile lor fizico-chimice prezintă o puternică asemănare cu familia lantanidelor. Aceştia sînt yttriul pe care l-am întîlnit, avînd numărul de ordine 39, şi scandiul cu numărul de ordine 21.

S. O. S... LIPSEŞTE UN ELEMENT!

În 1907 fusese descoperit luteţiul, ultimul în ordinea istorică a descoperirilor, dar munca în domeniul cercetării elementelor pămînturilor rare era departe de a fi încheiată. Zeci de ani au mai fost necesari pentru punerea ordinei în noianul de elemente,

pentru stabilirea exactă a greutăţilor lor atomice şi al locului în sistemul periodic.

Prin metodele chimice existente la începutul secolului nostru, problema situării pămînturilor rare în tabloul periodic al elementelor nu putea fi definitiv rezolvată. Atunci în ajutorul chimiei a venit fizica.

În 1913, fizicianul Moseley, studiind spectrele în raze X a diferitelor elemente, a stabilit că în funcţie de lungimea de undă caracteristică elementului respectiv se poate determina numărul de ordine din tabloul lui Mendeleev. Această descoperire a constituit o minunată verificare a legii periodicităţii, o nouă confirmare a valabilităţii acestei legi. Cu ajutorul spectrelor în raze X s-a precizat succesiunea elementelor pămînturilor rare; tot atunci s-a stabilit şi numărul de ordine al yttriului, în afara căsuţei comune a lantanidelor. Elementele pămînturilor rare s-au aranjat în felul următor:

Nr. 57 — Lantan
„ 58 — Ceriu
„ 59 — Praseodim
„ 60 — Neodim
„ 61 — ?
„ 62 — Samariu
„ 63 — Europiu
„ 64 — Gadoliniu
„ 65 — Terbiu
„ 66 — Dysprosiu
„ 67 — Holmiu
„ 68 — Erbiu
„ 69 — Tuliu
„ 70 — Ytterbiu
„ 71 — Luteţiu

Atunci s-a observat că lipseşte elementul cu nr. 61. Unde se ascunde elementul nedescoperit? A început căutarea lui în natură. Timp de 30 de ani s-a desfăşurat un ciudat joc de-a v-aţi ascunselea: elementul era căutat, părea prins şi în aceeaşi clipă se dovedea că nu există!

În 1926 el purta numele de illiniu; cu doi ani mai tîrziu se numea florenţiu, iar încă peste un an nu mai exista din nou. Îndoiala şi-a făcut loc în rîndurile căutătorilor numărului 61. Este el oare atît de rar în natură încît nu se lasă găsit, sau poate nu există de loc?

Şi de data aceasta fizica a dovedit prin calcul că numărul 61 este instabil şi nu poate exista în stare liberă în scoarţa pămîntului.

Astăzi elementul cu numărul 61 există, căsuţa rămasă atîta vreme goală s-a ocupat, iar locatarul se numeşte prometiu. Naşterea lui este opera omului; prometiul s-a născut în 1947 în urma unei reacţii nucleare, prin bombardarea cu neutroni a nucleului de uraniu.

În tabloul periodic al elementelor şi-a găsit locul întreaga familie a celor 15 elemente.

Mai rămîne de lămurit o problemă: de ce elementele pămînturilor rare se aseamănă atît de mult între ele, de ce au cerut atîta muncă din partea cercetătorilor?

CHEIA MISTERULUI: STRUCTURA ELECTRONICĂ

Dificultăţile în separarea pămînturilor rare s-au datorat în primul rînd apropierii excepţionale a proprietăţilor chimice între membrii acestei familii, urmată de prezenţa lor simultană în natură. Care este cauza?

Numai datele fizicii moderne şi elaborarea concepţiei moderne asupra structurii atomului au dus la lămurirea problemei, care a frămîntat timp de un secol şi jumătate mintea savanţilor.

Teoria atomică a dovedit că numărul de ordine corespunde numărului de sarcini pozitive concentrate în nucleul atomului. Atomul, în totalitatea lui, este neutru, sarcina pozitivă a nucleului fiind compensată

de numărul de sarcini negative ale electronilor care gravitează în jurul nucleului. În consecință, numărul total al electronilor este și el egal cu numărul de ordine al elementului respectiv.

Dar cum sînt așezați electronii? La această întrebare s-a putut răspunde folosind cuceririle mecanicii cuantice. La baza noii teorii s-a pus ipoteza că electronii sînt așezați pe diferite orbite, la diferite distanțe de nucleu și că energia legăturii lor cu nucleul variază nu continuu, ci în salturi, sau cuante. Aceasta înseamnă că un electron nu se poate roti pe orice orbită ci numai pe anumite orbite bine determinate, mai bine-zis pe anumite învelișuri energetice. Cu cît electronii sînt așezați mai departe de nucleu, cu atît legătura lor cu nucleul este mai slabă.

Electronii ultimului (sau ai penultimului) înveliș electronic sînt cei mai mobili și ei sînt aceia care iau parte la formarea legăturilor chimice dintre elemente. Rezultă că proprietățile chimice ale elementelor depind în primul rînd de structura învelișului electronic exterior al atomilor.

Pe măsură ce crește numărul de ordine al elementului în tabloul lui Mendeleev, crește sarcina nucleului, și, bineînțeles și numărul electronilor, care după ce completează treptat învelișurile electronice mai apropiate de nucleu formează învelișuri noi.

Ce se întîmplă în cazul pămînturilor rare?

Aici, pe măsură ce crește numărul de ordine, electronii noi nu completează învelișul exterior, cel care imprimă proprietățile chimice deosebite ale elementelor. Învelișul exterior al tuturor lantanidelor cuprinde același număr de electroni, fiindcă electronii noi completează un înveliș așezat mai adînc (așa-zisul înveliș „4 f"), situîndu-se treptat, unul cîte unul pe acest nivel energetic. Influența învelișului „4 f" asupra proprietăților chimice ale elementelor este foarte redusă; de aici marea apropiere chimică între elementele pămînturilor rare.

— Domnilor, veţi vedea acum că flacăra gazului de iluminat poate deveni neobişnuit de luminoasă şi strălucitoare. In faţa iluminatului cu gaz se deschid perspective noi, nebănuite pînă în prezent. Vă rog să mă urmăriţi.

In penumbra serii, în laboratorul din Viena al savantului Auer von Welsbach, pîlpîiau flăcările lungi a două arzătoare cu gaz, lumină obişnuită la sfîrşitul secolului trecut în marile oraşe ale Europei. Savantul se apropie de unul din becuri. Ţinea în mînă un fel de săculeţ ţesut din fire subţiri şi rare. Il desfăcu cu atenţie şi îl puse peste flacăra aprinsă. In cîteva secunde flacăra cuprinse săculeţul, care arse liniştit şi apoi, dintr-o dată laboratorul fu iluminat de o lumină albă, constantă, neobişnuită. Scheletul fragil al ţesăturii, devenit incandescent în flacăra becului, iradia o lumină strălucitoare. Alături, abia se mai observa pîlpîirea slabă a celuilalt bec.

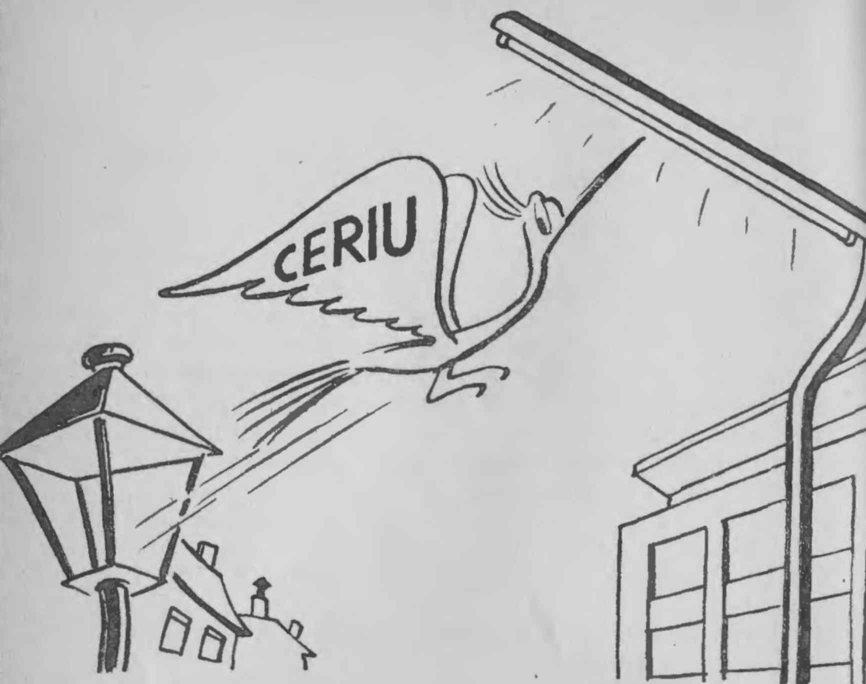
După o clipă de uimire cei prezenţi îl asaltară pe profesor cu întrebări :

— Cum se explică fenomenul ?

— Care e substanţa miraculoasă care luminează fără să se ardă ?

— Din ce se obţine ?

— Lumina pe care o vedeţi este rodul unei munci migăloase de ani şi ani de zile — începu profesorul. Poate că nu aţi auzit încă niciodată despre acest element care, ca legendara pasăre Phoenix, renaşte din propria-i cenuşă şi împrăştie lumină ; nu-i uitaţi numele, este un element al viitorului. El face parte din familia puţin cunoscută încă a pămînturilor rare şi numele lui este ceriu. Eu am impregnat ţesătura de mătase cu un amestec de 1% azotat de ceriu şi restul azotat de thoriu, un element foarte puţin cunoscut, dar care însoţeşte de multe ori pămînturile rare. După ce arde suportul de pînză, rămîne un schelet rigid compus din oxizi de ceriu şi thoriu,



Ceriul : — Sînt în pas cu tehnica modernă !

care devin incandescenţi în flacără şi fac ca lumina gazului să se intensifice de peste 20 de ori. Aceasta este explicaţia fenomenului.

Descoperirea lui Auer von Welsbach a avut o deosebită importanţă în istoria iluminatului, şi în acelaşi timp, în interesul manifestat pentru familia pămînturilor rare.

Să ne gîndim numai că în secolul al XVIII-lea marile oraşe ale lumii erau noaptea oraşe ale întunericului. Marile serbări de noapte din cele mai fastuoase palate aveau loc la lumina făcliilor şi a luminărilor, şi nu arareori rochiile albe ale doamnelor deveneau cenuşii pînă dimineaţa sub stratul de funingine care se depunea incontinuu.

Descoperirea gazului de iluminat (sau a gazului aerian) a însemnat un eveniment remarcabil în tehnica iluminatului. Gazul se obţinea prin arderea cărbunilor de pămînt şi era compus dintr-un amestec de substanţe combustibile, în primul rînd oxid de carbon şi hidrogen. Lumina dată de flacăra lungă şi difuză a gazului era neclară şi lipsită de strălucire. Procedeele de exploatare nu erau încă bine studiate şi utilizarea noului mijloc de iluminare era însoţită de teama exploziilor. Se povesteşte că atunci cînd s-a introdus iluminatul cu gaz aerian pe străzile Londrei, aprinderea felinarelor a trebuit să fie încredinţată unui chimist specialist, fiindcă nu s-a găsit nici un alt amator care să-şi asume pericolul noului serviciu. Cu toate acestea noul procedeu a căpătat o răspîndire largă, fiind incontestabil superior opaiţelor, lumînărilor şi făcliilor. Treptat el a cucerit întreaga Europă.

Gazul părea că este de neînlocuit. Dar aproape simultan cu descoperirea iluminatului cu gaz, avea loc o descoperire hotărîtoare pentru întregul drum al tehnicii: în anul 1802, profesorul de fizică V. V. Petrov descoperea la Petersburg prima descărcare electrică în arc. Au trecut însă 70 de ani de la această descoperire pînă cînd un alt inventator rus, P. N. Iablocikov a perfecţionat „lumînarea" lui — arcul electric între doi electrozi de cărbune, demonstrînd că lumina electrică este o concurentă periculoasă a gazului. S-au făcut încercări pentru a ilumina electric clădiri, instituţii, străzi. Iluminatul electric nu era suficient de perfecţionat, aşa că atunci cînd a apărut sita lui Auer, ieftinind costul iluminatului cu gaz de aproape trei ori şi mărind intensitatea luminii, victoria a revenit gazului de iluminat.

Descoperirea lui Auer a avut o mare influenţă asupra întregii evoluţii a pămînturilor rare: era prima lor importantă utilizare industrială, care s-a reflectat imediat asupra extragerii materiilor prime. Extracţia monazitului, care în anul 1894 se cifra

la circa 200 tone, a crescut în anul 1909 la peste 7 000 de tone.

Gloria sitei lui Auer a fost într-adevăr strălucitoare, dar efemeră. Marşul victorios al luminii electrice nu mai putea fi oprit ; au fost descoperite becurile cu incandescenţă cu filament metalic şi apariţia pe piaţă a wolframului a însemnat pentru un timp apusul gloriei metalului rar ceriu.

Societăţile capitaliste care aveau investite capitaluri importante în construcţia uzinelor de gaz şi în fabricile de obţinere ale concentratelor pămînturilor rare nu şi-au cedat poziţia de bună voie. Multă vreme ele au dus o luptă crîncenă împotriva extinderii luminii electrice. În anul 1939 s-a anunţat chiar decernarea unui premiu important pentru cea mai bună invenţie care să-i ajute gazului în lupta împotriva electricităţii !

Totul a fost însă în zadar. Sitele Auer mai rămîneau folosite doar în regiuni îndepărtate, în care n-a ajuns încă lumina electrică. Dar acestea sînt cazuri izolate şi părea că o dată cu victoria becului cu incandescenţă rolul pămînturilor rare în tehnica iluminatului s-a terminat.

S-au mai scurs cîteva decenii... Cînd treci noaptea de pe una din marile artere ale capitalei patriei noastre, luminate ca ziua de sute şi mii de becuri fluorescente, într-o stradă laterală luminată cu becuri cu incandescenţă, lumina acestora îţi apare gălbuie şi insuficientă. În ultimii ani ne-am obişnuit să ne întîlnim tot mai des „cu lumina zilei în timpul nopţii". Becurile cu fluorescenţă au fost instalate în marile săli de spectacole şi expoziţii, au pătruns în uzine şi în gări, în birourile proiectanţilor, în clasele şcolilor, le întîlnim tot mai des în locuinţe.

Care e avantajul lor ?

Primul este evident pentru toţi : lumina e frumoasă, puternică, asemănătoare cu a zilei.

Al doilea, nu-l ştie toată lumea : cele mai bune becuri cu incandescenţă pot transforma în radiaţii

luminoase abia 2—3% din energia electrică consumată, restul transformîndu-se în căldură. Lămpile cu fluorescență transformă în lumină peste 20% din energia electrică consumată, adică sînt cu mult mai economice.

Mai e un fapt puțin cunoscut: o dată cu larga răspîndire a iluminatului fluorescent, elementele pămînturilor rare și-au făcut pentru a doua oară intrarea în tehnica iluminatului. De data aceasta nu în concurență cu electricitatea, ci ca un aliat al ei.

Pe suprafața interioară a tubului fluorescent este depus un strat de substanță care devine luminoasă sub efectul descărcărilor electrice din interiorul tubului. Astfel de substanțe poartă numele de cristalofosfori sau substanțe luminofore. Se pot folosi drept luminofore numeroase substanțe printre care se numără wolframații de calciu și magneziu, silicații de zinc și de beriliu, diferiți fosfați, fluoruri etc. În compoziția substanței luminofore intră întotdeauna și un „activator", care intensifică radiația luminoasă a materialului fluorescent și îi poate imprima caracteristici speciale. S-a constatat că printre cei mai buni activatori se numără elementele pămînturilor rare. Toate elementele pămînturilor rare au luat rînd pe rînd examenul pentru calitatea de component al substanțelor fluorescente, cei mai valoroși activatori rămînînd deocamdată lantanul, ceriul și europiul.

Utilizarea pămînturilor rare drept activatori a permis ca în decursul ultimilor ani să se lărgească mult sortimentul substanțelor luminofore și să se creeze o serie de luminofore cu caracteristici speciale. O dată cu aceasta pămînturile rare au căpătat un larg domeniu de aplicare, deoarece în numeroase domenii ale tehnicii cristalofosforii se utilizează ca transformatori ai diferitelor tipuri de energie în lumină; ei sînt folosiți pentru acoperirea ecranelor în diferite aparate electronice, tuburi de televiziune și radiolocație, ecrane Roentgen etc.

„INTÎRZIAŢII METALURGIEI"

La începutul secolului nostru, la poarta metalurgiei, ştiinţă veche de mii de ani, a apărut un solicitant nou, cerînd dreptul de a intra în lumea metalelor folosite de om... Metalurgia se obişnuise în ultima sută de ani să i se îmbogăţească mereu familia. Aşa că îl întrebă mai mult din politeţe :

— Dar ce metal eşti tu ?

Noul venit îşi dădea seama că răspunsul lui va suna neobişnuit, dar nu avea încotro :

— Eu nu sînt un metal, sînt un amestec. Aşa, cam vreo 10—15 metale la un loc, depinde de minereu. De aceea mă şi numesc „Mischmetall", ştiţi, în germană asta înseamnă „metal amestecat".

Metalurgia îl privi cu suspiciune pe noul venit ; cu astfel de ciudăţenii nu se mai întîlnise niciodată.



— Pentru noi se va face o excepţie !

— Şi de ce-mi vii aşa, în amestec? Du-te la cei care te-au făcut, roagă-i să vă separe frumos şi veniţi la mine unul cîte unul, metale curate, nu un „Mischmetall" pestriţ.

Dar noul venit nu voia să părăsească poarta.

— Ce să mă rog degeaba? Nu ştiu să ne separe, acesta-i adevărul. Încercaţi să mă folosiţi aşa cum sînt, am să caut să mă fac de folos. Şi poate, mai încolo ne vom despărţi. Dar pînă atunci...

Pînă atunci aveau să mai treacă zeci de ani, aşa ca „Mischmetall-ul", amestec în care predomină ceriul, şi care afară de pămînturi rare mai conţine mici cantităţi de fier, aluminiu, calciu, magneziu, intră ca atare pe poarta metalurgiei.

Îşi încercă întîi puterile în siderurgie şi se dovedi de la început cît se poate de util. Se ştie că în procesul de elaborare al fontei sau oţelului un rol important îl are îndepărtarea unei serii de impurităţi nemetalice, care strică calitatea metalului. Mischmetall-ul adăugat în oţel sau în fontă topită se combină energic cu toate impurităţile — oxigen, sulf, azot, fosfor, hidrogen, carbon — ameliorînd prin aceasta calităţile metalului. Începutul fiind promiţător, pămînturile rare au făcut un pas înainte intrînd, de data aceasta ca elemente de aliere, în compoziţia oţelului însuşi. Surpriza a fost şi mai mare. Un adaos de numai 0,75% mischmetall a fost suficient pentru a mări considerabil fluiditatea oţelului la cald, uşurînd turnarea acestuia şi prelucrarea lui, mărindu-i rezistenţa la coroziune.

Treptat, gama utilizărilor pămînturilor rare s-a lărgit. Aliajele piroforice (cele care se aprind cu uşurinţă) şi-au întins domeniul de la micuţele pietre de brichetă pînă în tehnica militară. Iar în ultimele decenii, cînd pămînturile rare au încetat să mai formeze o familie inseparabilă, ele au bătut unul cîte unul la uşa altei ramuri a metalurgiei, cea a metalelor neferoase. Aceşti „întîrziaţi ai metalurgiei", cum a denumit un metalurgist pămînturile rare, s-au dovedit a fi plini de surprize.

Ceriul adăugat în cantităţi de procente sau chiar fracţiuni de procente la aliajele de aluminiu le îmbunătăţeşte rezistenţa mecanică, rezistenţa la oboseală, scade tendinţa de fisurare. Aliajul de aluminiu şi ceriu este astăzi un material bine cunoscut prin utilizarea lui în paletele turbinelor motoarelor cu reacţie.

Aliajele pe bază de magneziu, în special cu aluminiu şi zinc, constituie cele mai uşoare metale de construcţie posedînd o rezistenţă specifică ridicată, care întrece rezistenţa aliajelor pe bază de aluminiu şi chiar a multor oţeluri. Ele sînt utilizate în construcţia de avioane; folosirea lor este însă limitată datorită punctului de topire scăzut. Pămînturile rare au găsit încă un prilej de a se afirma. Ceriul, praseodimul şi neodimul ridică considerabil punctul de topire al acestor aliaje. Astăzi aliajele magneziului cu pămînturi rare se utilizează în diferitele piese ale avioanelor cu motor cu piston şi cu reacţie.

Am amintit cîteva din domeniile în care metalele pămînturilor rare au păşit în tehnica materialelor de construcţie. Dar nu trebuie să uităm că ele se numără printre cele mai tinere metale şi că viitorul le stă în faţă. De pe acum s-au obţinut în laborator valoroase aliaje noi cu pămînturi rare. E suficient un mic adaos de ceriu pentru a imprima cuprului o rezistenţă mecanică mare; ceriul aliat cu cobaltul rezistă excepţional la acţiunea temperaturilor, fiind utilizat la construirea paletelor în motoarele cu reacţie. În sfîrşit, elementele pămînturilor rare se aliază uşor cu metalele radioactive, putînd servi la extragerea acestora din produsele reacţiilor nucleare.

TEHNICĂ NOUĂ — DOMENII NOI

Tehnica iluminatului, aliajele piroforice, materialele de construcţie sînt de pe acum domenii consacrate ale pămînturilor rare. Cu o perseverenţă ne-

obişnuită tinerele elemente au bătut rînd pe rînd la uşile altor domenii ale ştiinţei. Au pătruns în industria chimică drept catalizatori şi în laboratoarele de analize chimice ca oxidanţi, creînd o metodă nouă de analiză — cerimetria.

În ceramică au dus la obţinerea unor minunate culori ale porţelanului: sărurile praseodimului dau coloraţii verzi, ale neodimului — trandafirii sau roşii, ale ceriului — galbene. Produsele ceramice din sulfură de ceriu rezistă la temperaturi de 2 000°, fiind folosite pentru fabricarea creuzetelor speciale. În industria sticlei sărurile lantanului, neodimului, praseodimului şi în special ale ceriului, au dus la obţinerea cristalurilor de înaltă calitate, decolorînd urmele de fier. Dar nu numai atît: sticlele cu lantan, neodim şi praseodim absorb radiaţiile utraviolete, iar cele cu samariu — neutronii. Din aceste sticle se confecţionează ochelari de protecţie pentru cei care lucrează expuşi la aceste radiaţii.

Pămînturile rare au intrat în industria textilă şi de pielărie, făcînd ţesuturile şi pielea impermeabile la apă, rezistente la acţiunea acizilor şi a vaporilor. În agricultură şi-au găsit utilizare ca microîngrăşăminte. În medicină au intrat în compoziţia unor medicamente.

Lista întrebuinţărilor pămînturilor rare nu se încheie cu enumerarea de mai sus. S-ar putea scrie pagini întregi despre folosul adus omului de această surprinzătoare familie. Să ne oprim asupra unor utilizări mai recente, datorite unor elemente considerate pînă nu de mult ca fiind cele mai puţin interesante dintre pămînturile rare: gadoliniul, tuliul şi prometiul.

În fizica modernă un domeniu extrem de interesant pentru ştiinţă îl constituie temperaturile suprascăzute. Cea mai joasă temperatură întîlnită pe Pămînt este cea de la „Polul frigului“ din Siberia, în jur de —80°C. În Lună, cosmonauţii vor avea de luptat cu un frig de —160°C, iar pe planeta Pluto de —200°C. La aceste temperaturi foarte scăzute, proprietăţile corpurilor se schimbă radical. Gazele se

condensează, devenind lichide sau solide, solidele își modifică brusc caracteristicile mecanice, electrice, magnetice. Atingerea unor temperaturi cît mai apropiate de zero absolut —273,16°C, s-a dovedit a fi foarte greu de realizat în practică. Pe neașteptate în ajutorul oamenilor a venit un voluntar neprevăzut — gadoliniul, prin sărurile sale, clorură sau azotat. Sărurile gadoliniului sînt substanțe puternic paramagnetice și, folosind această proprietate a lor, s-au putut construi instalații speciale, în care s-au atins temperaturi ce diferă numai cîteva miimi de grad de zero absolut.

Tuliul și-a oferit serviciile prin izotopul său radioactiv Tu^{17}, care emite o radiație gama foarte asemănătoare cu a razelor X. Folosind acești izotopi, au fost create mici aparate portative pentru radioscopie cîntărind doar cîteva kilograme, independente de prezența unei surse de curent, neapărat necesară pentru complicatele aparate Roentgen. Dacă astăzi nu putem vorbi de înlocuirea totală a razelor X și a instalațiilor respective, totuși aparatele portabile și foarte ușor de manipulat cu tuliu radioactiv au început să fie produse în serie și vor constitui fără îndoială un sprijin activ al medicilor.

„Misteriosul nr. 61“, ultimul element descoperit în seria pămînturilor rare, nu s-a găsit pînă în prezent în natură, deși este probabil să existe pe pămînt, ca produs al dezagregării substanțelor radioactive naturale. Prometiul a fost realizat sintetic, s-au obținut sărurile lui și chiar prometiu metalic, în lingouri strălucitoare cu luciu argintiu.

Folosind prometiul, element radioactiv, s-au creat minuscule baterii atomice, formate din straturi suprapuse de oxid de prometiu și fosfor. În aceste baterii energia dezagregării radioactive a prometiului se transformă în energie electrică. O baterie atomică de dimensiunea unei pioneze poate funcționa 5 ani de zile. Datorită dimensiunilor minuscule, bateriile cu prometiu și-au găsit diverse utilizări.

Fiindcă sîntem la capitolul tehnicii atomice, nu putem să nu amintim că gadoliniul este cel mai bun

material de reglare pentru construcţia reactoarelor atomice, avînd cea mai ridicată secţiune de captură a neutronilor termici, dintre toate metarialele cunoscute.

Elementele pămînturilor rare sînt abia la începutul pătrunderii lor intense în tehnică. O piedică importantă o constituie costul ridicat al procedeelor de obţinere a acestor elemente în stare pură. Pe măsură ce se perfecţionează tehnologia, desigur că preţurile se vor micşora.

Cercetătorii în domeniul pămînturilor rare sînt unanim de acord că le aşteaptă un mare viitor. Pasul pe care l-au făcut în ultimii 10 ani a fost atît de mare, încît cu greu se poate prevede amploarea pe care o poate lua dezvoltarea tehnicii lor în anii următori.

GALIUL, INDIUL, TALIUL

„SPECTROSCOPIEI — METALURGIA RECUNOSCĂTOARE"

De ce am intitulat în felul acesta povestirea despre cele trei elemente, în general puţin cunoscute, din grupa a treia a sistemului periodic?

Fiindcă soarta acestora este strîns legată de o mare descoperire ştiinţifică, care a deschis cercetătorilor orizonturi noi şi a permis omului să descifreze domenii necunoscute, atît în lumea compuşilor aflaţi în cantităţi infime cît şi în lumea infinitului mare al astrelor cereşti — analiza spectrală. Unul dintre darurile pe care noua metodă l-a făcut metalurgiei a fost şi descoperirea celor trei metale rare din grupa a III-a: galiul, indiul şi taliul.

Pe ce se bazează analiza spectrală?

Să începem cu o experienţă binecunoscută: O bucăţică de sodiu metalic introdus în flacăra incoloră a unui bec de laborator o colorează în galben intens, culoare caracteristică, pe care chimiştii o deosebesc cu uşurinţă de alte nuanţe de galben. Sărurile sodiului introduse în flacără o colorează la fel, deoarece la temperatura flăcării ele se descompun, iar atomii de sodiu puşi în libertate imprimă flăcării culoarea lor specifică. Aşadar, la o anumită temperatură, culoarea galbenă este proprie atomilor de sodiu. Studiind această lumină galbenă cu ajutorul aparatului numit spectroscop, se constată că ea este compusă dintr-o serie de linii galbene pe un fond întunecat. Totalitatea liniilor caracteristice pentru sodiu constituie spectrul sodiului, iar fiecare dintre aceste linii este caracterizată la rîndul ei printr-o anumită lungime de undă luminoasă.

Proprietatea de a poseda un spectru caracteristic nu este o proprietate specifică numai pentru sodiu.



— Mă topesc la 30° C!

Fiecare element chimic supus la o încălzire suficientă emite un spectru caracteristic, denumit spectru de emisie.

În spectrele corpurilor compuse din mai multe elemente apar liniile caracteristice ale tuturor acestor elemente. Comparînd spectrul unui compus cu spectrele individuale ale fiecărui element în parte, se poate vedea imediat din ce elemente este format corpul dat.

Analiza spectrală este foarte sensibilă şi are un cîmp de aplicare foarte larg. Ea permite studierea nu numai a substanţelor care ne sînt direct accesibile, ci şi a acelora aflate la distanţe mari, a Soarelui, stelelor şi a altor corpuri cereşti care emit o lumină proprie. Astfel, cu ajutorul analizei spectrale, a fost descoperit gazul heliu, întîi în Soare şi apoi pe Pămînt!

Analiza spectrală a deschis omului încă o cale spre cercetarea tainelor Universului. Din studierea spectrelor a mii de corpuri cereşti s-a putut trage concluzia că şi Cosmosul este constituit din aceleaşi

elemente chimice ca şi Pămîntul nostru, de unde rezultă unitatea structurală a Universului.

In decursul întregii istorii a omenirii, victoriile ştiinţifice au fost întotdeauna rodul muncii entuziaste, perseverente, continui. Apariţia metodei analizei spectrale este şi ea rodul unei munci duse timp de generaţii, a eforturilor gîndirii creatoare care ştie să reţină într-o idee tot ce e nou şi important, să arunce cu curaj la o parte tot ce e învechit şi devine la un moment dat frînă în dezvoltarea ştiinţei.

De la primul aparat de analiză spectrală cu observaţie vizuală, construit în anul 1802, care a făcut să mijească de-abia posibilităţile noii metode, ideea analizei spectrale nu a mai fost părăsită. In 1860, după mii de experienţe, savanţii Kirkhoff şi Bunsen au dedus legea de bază a metodei pe care am amintit-o mai înainte: fiecare element chimic, prin încălzire emite un spectru caracteristic numai pentru acel element.

In anul 1873 s-au obţinut primele fotografii ale spectrelor, s-a născut spectografia. Prin aceasta s-au înlăturat posibilităţile unor erori subiective; pe pelicula sensibilă a apărut fotografia spectrală — spectrograma fiecărui element.

De atunci analiza spectrală se perfecţionează continuu. Şi astăzi apar mereu aparate noi, mai sensibile, mai uşor de mînuit, mai precise.

Metalurgia metalelor rare se numără printre domeniile ştiinţei care îi datorează metodei spectrale o serie de descoperiri mari. Această metodă a făcut ca pentru prima oară omul să poată vedea liniile caracteristice ale unor metale noi. Analizei spectrale îi datorează metalurgia prima identificare a elementului semiconductor, germaniul; pe liniile spectrului au citit Coster şi Hevesy liniile „stîncii submarine" ale sistemului periodic, hafniul. Metalele alcaline rare, rubidiul şi cesiul, sînt şi ele un dar al analizei spectrale.

In numele metalurgiei am adus în cîteva pagini un omagiu acestei minunate metode, fiindcă galiul,

indiul şi taliul, trei elemente disperse tipice, capricioase şi rare, îşi datorează descoperirea lor tot analizei spectrale.

FANTOMELE GEOCHIMIEI

Taliul a fost primul descoperit dintre cele trei metale rare situate în grupa a III-a a sistemului periodic al elementelor, subgrupa aluminiului.

Taliul îşi sărbătoreşte anul acesta centenarul: în 1861, savantul Krookes, studiind nămolurile — deşeu din industria acidului sulfuric, a văzut la spectroscop nişte linii de un verde intens, care aparţineau unui element necunoscut. Krookes, repetă experienţa o dată, de două ori... de zece ori. De fiecare dată liniile verzi se reproduceau întocmai. Krookes, denumi noul element taliu („tallos" înseamnă în greceşte ramură verde). El era într-adevăr una dintre primele mlădiţe tinere pe care noua ştiinţă, spectroscopia, o răsădea în lumea metalelor.

După cum era de aşteptat după descoperirea unui element nou, căutarea taliului deveni imediat o preocupare curentă a oamenilor de ştiinţă contemporani. Nenumărate minerale erau supuse analizei spectrale spre a se vedea dacă nu vor apare liniile verzi ale ultimului descoperit din sistemul periodic.

In anul 1863, tot în căutarea taliului, a fost supus analizei spectrale un minereu de zinc, sfaleritul. Nu mică a fost surpriza cercetătorilor cînd în locul liniilor verzi ale taliului au apărut liniile de un albastru intens ale unui nou element necunoscut. După culoarea lor, apropiată de a colorantului albastru „indigo", elementul primi numele de indiu.

Şi, în sfîrşit, prin analiză spectrală, în anul 1875 a fost descoperit de către Lecoq de Boisbaudran, tot într-un minereu de zinc, galiul, botezat după vechea denumire a Franţei — Gallia.

Descoperirea galiului a însemnat încă o confirmare a legii periodicității elementelor stabilită de Mendeleev. Chiar din 1871 Mendeleev a arătat că elementul cu numărul de ordine 31 trebuie să fie un analog al aluminiului şi l-a denumit ecaaluminiu. Creatorul tabloului periodic a prezis cu o precizie uimitoare proprietăţile ecaaluminiului, care au fost confirmate întocmai de cercetările savantului francez. Mai mult decît atîta, Mendeleev pe baza legii periodicității a putut corecta unele erori experimentale făcute de Boisbaudran. Astfel, Mendeleev i-a scris lui Boisbaudran că greutatea specifică a galiului 4,7, determinată experimental este prea mică, cea calculată teoretic fiind de 5,9. Boisbaudran a verificat experienţele şi a obţinut valorarea indicată de Mendeleev.

Aceasta a fost istoria descoperirii celor trei elemente rare din subgrupa aluminiului. Toate trei s-au dovedit a fi elemente tipice disperse, fără minereuri proprii, apărînd în natură numai ca însoţitori ai unor metale neferoase „majore“: galiul tovarăşul aproape nedespărţit al aluminiului în bauxite indiul şi taliul însoţitori ai sulfurilor metalice, indiul preferînd parcă sulfurile de zinc, iar taliul pe cele de plumb. De multe ori cele trei elemente apar împreună în sulfuri. Taliul formează şi cîteva minerale proprii, dar ele sînt adevărate rarităţi mineralogice, fără importanţă industrială.

Ca în cazul tuturor metalelor rare disperse, cele trei elemente se obţin toate din subprodusele provenite din metalurgia metalelor pe care le însoţesc.

Cantităţile în care apar metalele noastre sînt foarte mici. Conţinutul galiului în bauxite variază între 0,01 pînă la 0,0001%. In sulfura de zinc se întîlnesc adeseori cantităţi de galiu de ordinul miimilor de procente alături de indiu, taliu, germaniu. Galiul, ca şi germaniul, se întîlneşte adeseori în cărbunii de pămînt şi prin arderea acestora se concentrează în produsele volatile în drum spre coş.

Prin dispersarea lor, elementele acestea sînt adevărate fantome ale geochimiei. Extragerea lor din diferite produse intermediare, subproduse şi deşeuri, nu e nici pe departe o problemă simplă. Uneori sînt necesare cicluri de zeci de operaţii chimice pentru a se ajunge la sarea metalului rar, care serveşte apoi la extragerea metalului.

CIND INTERVINE ZINA BUNĂ A METALELOR RARE

Să facem cunoştinţă: galiul, indiul şi taliul sînt metale argintii, rezistente la acţiunea oxidantă a aerului. Dacă luăm în mînă o bucăţică de galiu, ne aşteaptă o surpriză. Metalul se înmoaie repede, devine plastic ca ceara şi după cîteva clipe apar primele picături de metal topit. Este şi firesc, temperatura de topire a galiului fiind ceva mai mică de 30°C!

Galiul face parte, aşadar, dintre metalele foarte uşor fuzibile. Temperatura de topire joasă o compensează însă printr-o temperatură de fierbere ridicată, 2100°C.

Această proprietate a galiului a dus la una din primele lui utilizări: confecţionarea termometrelor pentru măsurarea temperaturilor ridicate, folosind intervalul larg în care metalul se găseşte în stare topită. (Pentru comparaţie menţionăm că mercurul fierbe la 357°C).

Temperatura de topire scăzută a galiului a dus şi ea la o serie de întrebuinţări. Pe bază de galiu s-au obţinut aliaje care se menţin lichide la temperatura camerei: un aliaj cu 62% galiu, 25% indiu şi 13% staniu se topeşte la +5°C, iar aliajul cu 61% galiu, 25% indiu, 13% staniu şi 1% zinc are punctul de topire +3°C. Astfel de aliaje sînt folosite curent în tehnica vidului pentru închideri lichide şi pentru pompe speciale (de difuzie).

Analogul galiului, indiul, este un metal foarte rezistent la coroziune, în special la coroziunea datorită lubrefianților (uleiurilor de ungere). În virtutea acestei calități el a devenit un aliat al materialelor din care se fac cuzineții ; acoperindu-i cu un strat foarte subțire, el apără cuzineții de coroziune în condițiile cele mai grele de lucru. Datorită proprietăților lui anticorozive, metalul dispers, indiul, a ajuns în motoarele automobilelor, avioanelor etc.

Taliul metalic și sărurile lui s-au dovedit a fi materiale periculoase. Pe ambalajele conținînd orice compus al taliului se poate vedea eticheta cu cap de mort și două oase încrucișate care anunță pe cei neavizați : atenție, otravă !

Pe această proprietate a compușilor taliului se bazează utilizarea sărurilor lui ca otrăvuri, în special pentru combaterea rozătorilor ; taliul este un dușman neîmpăcat al șoarecilor și al șobolanilor.

Cu toate întrebuințările de care am vorbit, galiul și taliul au avut pînă foarte de curînd utilizări reduse, și s-au obținut în cantități mici. Numai indiul



Dușmanul neîmpăcat al rozătoarelor.

se producea în cantități de ordinul tonelor, datorită folosirii lui în acoperiri de protecție.

Situația s-a menținut pînă în ultimii ani, cînd la un semn al zînei bune a metalelor rare, zîna pe care am întîlnit-o de atîtea ori în paginile noastre, galiul, indiul și taliul au pășit cu curaj într-o viață nouă. Zîna era tehnica modernă. Incotro s-au îndreptat metalele noastre? Spre domeniile de o bogăție fără margini ale semiconductorilor și ale tehnicii nucleare.

Galiul a primit cu bucurie mîna pe care i-a întins-o celebrul metal semiconductor — germaniul și a realizat împreună cu el materiale cu proprietăți neașteptate. Compușii galiului cu arsenul și stibiul s-au dovedit și ei materiale semiconductoare pline de calități.

Indiul și taliul nu s-au lăsat nici ei mai prejos; împreună cu germaniul, stibiul, arsenul și-au format fiecare cîte o frumoasă familie de materiale cu proprietăți semiconductoare, ai cărei membri sînt în continuă creștere.

In tehnica nucleară aliajele cu indiu servesc la absorbția neutronilor. Compușii taliului cu bromul și iodul se utilizează la obținerea acoperirilor luminiscente ale contoarelor cu scintilație, cele mai moderne aparate pentru detectarea și măsurarea radiațiilor radioactive, fără de care ar fi imposibil studiul reacțiilor nucleare.

Și galiul a devenit un metal al tehnicii nucleare. La reactoarele atomice folosite pentru producerea energiei electrice, căldura degajată în timpul reacțiilor de fisiune ale nucleelor este folosită pentru punerea în mișcare a turbinelor sau a altor mașini de forță. Această căldură se transportă de la reactor pînă la agregatele unde servește la vaporizarea apei, cu ajutorul unor agenți termici purtători de căldură. Cei mai buni agenți termici sînt metalele în stare topită, deoarece se încălzesc puternic fără să se evapore, iar transportul de căldură are loc la temperaturi ridicate. Se folosesc curent în acest scop metale ca: sodiul, potasiul, litiul, bismutul.

În ultimul timp se preconizează ca transportul căldurii să fie efectuat prin intermediul galiului topit. Datorită intervalului larg (peste 2000°C) în care galiul se menține fluid, el poate transporta căldură la temperaturi ridicate; avînd un punct de topire scăzut, nu există pericolul de „înghețare" a topiturii de metal după ce aceasta a cedat apei căldura transportată.

Cine ar fi crezut acum un deceniu că aceste metale așa de rare, vor fi atît de înzestrate și atît de folositoare!

BERILIUL

TAINA UNOR NESTEMATE

„Purtînd cu el fierea împăratului Danava, se îndepărta Wasuki, împăratul zmeilor, despicînd în două cerul. Asemenea unei uriaşe panglici de argint el se oglindea în abisurile mării şi marea se aprindea răsfrîngînd strălucirea de foc a capului lui.

Şi a pornit în întîmpinarea lui Garuda, bătînd din aripi de parcă ar îmbrăţişa şi cerul şi pămîntul. Indra-zmeul a lăsat numaidecît fierea să cadă la picioarele muntelui, stăpîn al pămîntului, acolo unde arborii emană aroma picăturilor de sevă iar tufele de lotuşi îmbălsămează aerul cu mireasma lor. Acolo, unde a atins fierea pămîntul, undeva departe, în ţara barbarilor, la marginea pustiului şi în apropierea ţărmurilor mării, acolo s-au născut zăcămintele de smaralde.

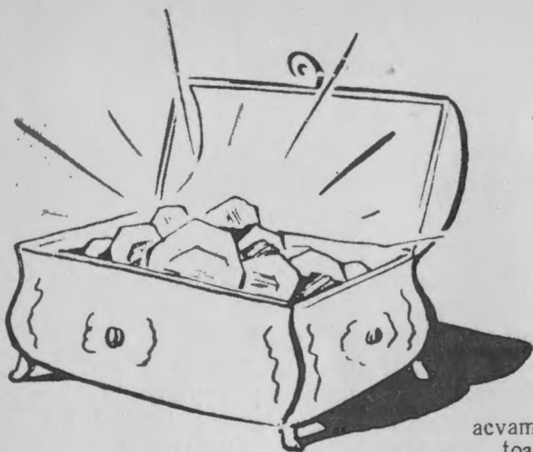
Dar Garuda a apucat cu ciocul o parte a fierei căzute pe pămînt şi apoi, dintr-o dată, cuprins de slăbiciune, a lăsat-o din nou să cadă peste munte. Şi aşa s-au născut smaraldele, a căror culoare se aseamănă cu culoarea tinerilor papagali, cu iarba fragedă, cu mîlul apelor, cu fierul şi cu desenele de pe penele cozilor de păun" [1].

Aşa glăsuieşte o veche legendă indiană despre naşterea smaraldelor.

Probabil, munţii din „Ţara Barbarilor", de la marginea pustiului şi în apropierea ţărmurilor mării, sînt munţii Zabarah din Egipt, de unde s-au extras minunate smaralde verzi şi berile galben-ver-

---

[1] A. E. Fersman — „Mineralogia distractivă", Moscova, 1953, p. 45. (n.a.)



Smaralde, acvamarine, berile . . . toate conțin beriliu.

zui încă de acum 5 000 de ani. Aceste zăcăminte au ajuns celebre pe vremea reginei Cleopatra a Egiptului, care a trimis nenumărați sclavi să extragă, adeseori cu prețul vieții lor, smaralde și berile din minele săpate sub nisipurile încinse ale pustiului Nubiei.

Smaraldele verzi au fost pietrele preferate ale antichității. Descrieri minunate ale acestor pietre, prețuite uneori mai mult decît diamantele, se întîlnesc și în mitologia arabă, chaldeeană, persană. Pînă și celebrul naturalist roman, Pliniu cel Bătrîn, scria în secolul I al erei noastre că smaraldele „își răspîndesc luciul în depărtări de parcă ar colora aerul ce le înconjoară. Ele nu pălesc în soare, nici în umbră, nici la lumina opaițelor, totdeauna rămîn strălucitoare“ [1].

Artiștii antichității au gravat în aceste nestemate chipurile stăpînilor lor. Împăratul roman Adrian a pus să se graveze pe două smaralde uriașe figura lui și a soției sale, Sabina; imprimînd smaraldele în lut sau ceară se obțineau portretele în relief ale

[1] A. E. Fersman — „Mineralogia distractivă“, Moscova, 1953, p. 46, (n. a.)

perechii imperiale. Tot printr-un cristal de smarald a contemplat împăratul miop Nero cum mistuiau flăcările Roma, incendiată din propria-i poruncă.

Din antichitate încă, alături de smaralde şi berile, erau preţuite crisoberilele aurii, aduse tocmai din Ceylon şi acvamarinele albastre, purtînd în ele întreaga gamă de culori a apelor mărilor sudului.

Ca şi istoria tuturor nestematelor, istoria acestor pietre preţioase a însemnat un şir nesfîrşit de dureri şi suferinţe pentru cei care lucrau la extragerea lor cu mijloacele cele mai rudimentare. Se cerneau tone de nisip sub arşiţa nemiloasă a soarelui pentru a găsi rareori o nestemată, menită să ia drumul către tezaurele celor avuţi.

După descoperirea Americii, sute de minunate smaralde verzi au fost aduse în Europa. Cuceritorii portughezi şi spanioli jefuiau fără milă tezaurele şi altarele, martore ale unei vechi civilizaţii, măcelăreau mii de oameni nevinovaţi în dorinţa nestăvilită de a smulge cît mai multe averi : aur şi nestemate. Din tezaurele jefuite ale Columbiei proveneau smaraldele lui Cortez, care a pus pe bijutierii mexicani să le monteze în aur şi să le înconjoare cu perle, iar în 1529 le-a trimis în Spania, logodnicei sale.

Istoria pietrelor preţioase din familia beriliului — smaraldul, acvamarinul, fenacitul, crisoberilul — este o istorie veche de milenii, pe cît de sclipitoare, pe atît de tristă.

Dar care este origina acestor pietre, care sînt substanţele ce intră în compoziţia lor şi le imprimă minunatele lor nuanţe ?

Problema a preocupat de multă vreme mintea oamenilor, răspunsul nu era însă uşor de găsit. Abia în anii zbuciumaţi ai revoluţiei franceze, mineralogul Hauy, frapat de apropierea dintre cristalele de beril, smarald, acvamarin, a bănuit că aceste pietre, cu toată diferenţa lor de culoare, sînt varietăţi ale aceluiaşi mineral — beriliul. Hauy, nu putea soluţiona însă problema fără ajutorul unui chimist...

O ȘEDINȚĂ A ACADEMIEI FRANCEZE DE ȘTIINȚE

În ziua de 26 pluviose a anului VI după Calendarul Revoluționar (15 februarie 1798), un om tînăr urca cu pași energici la tribuna ședinței solemne a Academiei de Științe Franceze. O rumoare ușoară trecu prin sală.

— Louis Nicolas Vauquelin face iar o comunicare! Despre ce va vorbi oare?

Vauquelin, deși în vîrstă de numai 35 de ani, era de șapte ani membru al Academiei de Științe Franceze. Cu un an în urmă descoperise într-un minereu care-i fusese adus tocmai din Siberia, un element nou, pe care datorită frumoaselor colorații a sărurilor sale îl denumise crom, de la cuvîntul grecesc „croma" — culoare. Cercetător pasionat, entuziast, dar foarte sistematic, studiase numeroase substanțe de origină animală și vegetală, izolase compuși noi. În ultimul timp își concentrase toată atenția asupra cristalelor primite de la Hauy.

— Cetățeni!

De la primele cuvinte ale tînărului savant liniștea cuprinse sala.

— „Pămîntul de aluminiu" este o substanță care apare în numeroase minerale ale scoarței pămîntești. În unele minerale, cum sînt de exemplu cristalele de beril, pămîntul de aluminiu apare însoțit de un alt pămînt, care s-a confundat de obicei cu cel de aluminiu. Același pămînt necunoscut l-am descoperit într-un minunat cristal de smarald, pe care l-am sacrificat pentru cercetare. Eu am separat acest pămînt nou, mai mult decît atîta, am obținut din el niște săruri noi, necunoscute pînă acum, cu gust dulce. Am numit noua substanță „pămînt de beriliu".

Ședința din 26 pluviore a anului VI s-a înscris în istoria descoperirilor științifice prin intrarea în lumea elementelor chimice a unui nou element

— beriliul — multă vreme denumit gluciniu, de la grecescul „glicos“ — dulce. El este elementul constituent al smaraldelor, acvamarinelor și berilelor, care sînt diferite forme cristaline ale principalului mineral de beriliu, silicat de aluminiu și beriliu.

BERILIUL — UN ALT METAL AL EREI ATOMICE

S-au scurs peste 120 de ani din ziua în care Vauquelin și-a comunicat descoperirea și pînă în clipa cînd metalul rar beriliu a început să fie extras într-o cantitate suficientă pentru a putea fi folosit în tehnică.

„Fiul nestematelor“ a ridicat greutăți mari în calea obținerii lui. O primă dificultate o constituia structura de silicat a mineralelor sale. Dintre toți compușii mineralogici (oxizi, carbonați, sulfuri etc), cel mai greu se prelucrează silicații. Or în cristalele de beril, oxidul de beril este strîns legat de bioxidul de siliciu, de care se desparte numai în urma unor tratamente chimice energice. Apoi, nu există minereuri bogate de beriliu. Frumoasele cristale hexagonale galbene-verzui de beril se întîlnesc dispersate în roca sterilă, iar conținutul de beriliu raportat la masa de minereu este de ordinul fracțiunilor de procente.

Minereurile de beriliu se prelucrează mai greu prin îmbogățire decît alte minereuri ; și astăzi încă cea mai mare parte din ele se îmbogățește prin separarea manuală a mineralului util de cel steril. Bogatele concentrate de beril ating o compoziție apropiată de a mineralului pur, adică un conținut de metal de cca 5%.

Pe parcursul întregii istorii a tehnicii metalelor rare am văzut că în acest domeniu, chimia și metalurgia sînt atît de strîns legate între ele, încît e

greu să spui unde se termină una şi unde începe cealaltă. În cazul prelucrării mineralelor silicioase ale beriliului, chimiştii au avut de trecut greutăţi mari pînă la obţinerea sărurilor pure, care să poată servi la extragerea metalului. S-au stabilit diferite căi de dezagregare a concentratelor: prin topire cu alcalii, prin sinterizare cu sodă sau cu fluosilicat de sodiu, prin clorurarea directă a minereurilor etc. După multe cristalizări, filtrări şi concentrări se ajunge la sărurile beriliului sau la oxidul de beriliu.

Tehnologia compuşilor beriliului mai este legată de încă un inconvenient important: beriliul şi compuşii lui sînt foarte toxici. Intoxicaţia cu beriliu, cunoscută sub numele de „beriloză“, este o boală foarte gravă care poate provoca chiar moartea celor intoxicaţi.

Dificultăţile legate de exploatarea zăcămintelor, dificultăţile legate de tehnologia extragerii chimice, faptul că primele cantităţi de beriliu metalic obţinute prin reducerea metalotermică au produs decepţie prin fragilitatea lor — toate acestea au făcut ca obţinerea beriliului metalic să se dezvolte tîrziu, în perioada dintre cele două războaie mondiale.

Dacă despre o serie de elemente din familia metalelor greu fuzibile (titan, zirconiu, hafniu, reniu, niobiu, tantal) am spus că ele sînt un dar al metalurgiei vidului, despre beriliu ca şi despre metalele rare alcaline (rubidiu, litiu, cesiu) se poate spune că, cel puţin în prima etapă a producerii lor industriale, ele sînt un dar al electrochimiei.

Electrochimia şi-a făcut o intrare glorioasă în metalurgie prin rezolvarea dificilei probleme a obţinerii aluminiului metalic. Datorită aplicării procedeului de electroliză a sărurilor topite, aluminiul şi-a părăsit în decurs de numai cîţiva ani aureola de metal rar, şi a devenit prietenul de toate zilele al omului. Aluminiul nu este singurul metal care a devenit accesibil prin procedeul de electroliză a sărurilor topite. Ea este practic singura cale industrială utilizată pentru metalele alcaline din grupa I-a şi cele

alcalino-pămîntoase din grupa a II-a a sistemului periodic, inclusiv metalele rare cuprinse în aceste grupe.

Obținerea electrolitică a beriliului nu este încă etapa finală în tehnologia metalului. Fărîmele mici de beriliu, lamele sau pulbere, se brichetează, se retopesc sub curent de gaz inert și apoi pornesc pe calea care ne e atît de cunoscută acum — cea a metalurgiei în vid. Căci, beriliul numai atunci cînd este pur, devine rezistent și plastic.

În cuptoare electrice cu vid, beriliul se retopește (uneori se mai și distilă) și, în sfîrșit, iată-l în lingou — cenușiu strălucitor, foarte ușor (greutate specifică 1,84 — deci mai ușor ca aluminiul) destul de greu de topit (1285°C), protejat de acțiunea agenților atmosferici printr-o peliculă subțire de oxid, cu care se acoperă în aer.

Un metal care impune atîtea faze pentru obținerea lui nu poate fi un metal ieftin. Într-adevăr, beriliul este un metal scump, care a avut pînă de curînd un domeniu de utilizare destul de restrîns.

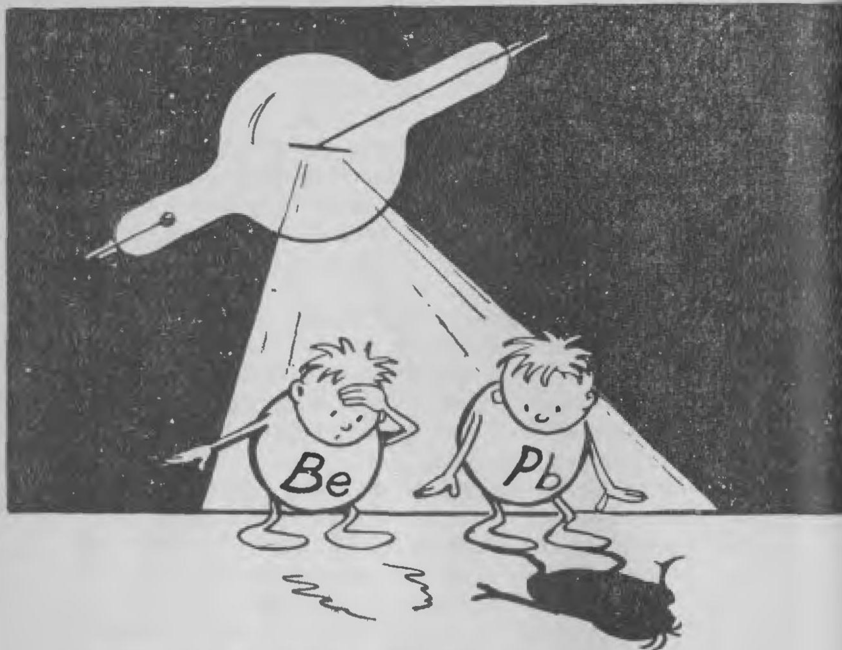
Beriliul intră în compoziția aliajelor cu cupru, bronzurile de beriliu, caracterizate printr-o foarte bună rezistență la oboseală și folosite în producerea diferitelor piese supuse la condiții grele de lucru. Arcuri, lagăre, roți dințate — iată principalele utilizări ale bronzurilor de beriliu.

Datorită greutății specifice mici și a punctului de topire destul de ridicat, aliajele beriliului cu magneziul și aluminiul sînt folosite în aviație.

Beriliul metalic, laminat în foi subțiri, servește ca material pentru confecționarea ferestrelor la tuburile de raze X, fiind practic transparent la aceste raze (de 17 ori mai penetrabil decît aluminiul, folosit mai înainte).

Oxidul de beriliu BeO, datorită punctului de topire ridicat, în jurul a 2500°C, este un excelent material refractar.

Cea mai recentă utilizare, care a făcut ca beriliul să devină unul dintre metalele actuale ale epocii noastre, este însă tehnica nucleară.



Beriliul: — Sînt practic transparent la raze X!

Am văzut că zirconiul şi-a găsit adevăratul domeniu de aplicare destul de recent, datorită tehnicii nucleare. Rezistenţa la coroziune, punctul de topire ridicat şi, în special, secţiunea de captură pentru neutroni mică au făcut ca el să devină unul din cele mai importante materiale de construcţie ale reactorilor atomici. Secţiunea de captură a beriliului metalic este însă de 20 de ori mai mică decît a zirconiului!

Prin caracteristicile lui nucleare, milenarul „metal al nestematelor", este cel mai bun material de construcţie pentru reactoarele epocii atomice.

Dar nu numai material de construcţie. Una din problemele de cea mai mare importanţă în funcţionarea reactorilor nucleari, în vederea măririi randa-

mentului acestora, este legată de necesitatea reducerii vitezei uriaşe (de zeci de mii de kilometri pe secundă) a neutronilor rapizi, formaţi prin fisiune. Viteza neutronilor rapizi poate fi redusă dacă aceştia se lasă să se ciocnească de nucleele unor materiale întîlnite în calea lor, care le scad prin ciocnire cea mai mare parte din viteză, dar nu-i absorb. Printre materialele cu rol de frînă al neutronilor rapizi, denumite „moderatoare", se numără grafitul, apa şi... beriliul. Mai bine-zis beriliul şi compuşii săi, carbura şi oxidul.

Interesul manifestat pentru beriliul metalic a crescut foarte mult în ultimul timp. Se studiază procedee noi de extragere, căi de purificare avansată, se caută reducerea continuă a preţului de cost. Este şi firesc — metalele nucleare se numără printre cele mai căutate materiale ale epocii noastre, şi orizontul pe care-l deschid pentru noi realizări este nebănuit de mare.

LITIUL, RUBIDIUL ŞI CESIUL

TINĂRA GENERAȚIE A METALELOR ALCALINE

Natura i-a dăruit omului cinci elemente alcaline situate în grupa I-a a sistemului periodic. Toate sînt metale tipice, reunite sub numele de metale alcaline, datorită proprietății de a da cu apa leşii puternice. Al şaselea element al grupei, franciul, nu s-a găsit în litosferă, fiind un element radioactiv. Două dintre cele cinci metale alcaline, sodiul şi potasiul, se găsesc răspîndite peste tot pe suprafața pămîntului : în litosferă, în hidrosferă, în organismele animale şi vegetale. Sărurile lor formează numeroase zăcăminte masive şi stau la baza unor puternice industrii chimice. Sub forma diferiților compuşi, omul a cunoscut sodiul şi potasiul încă din adîncă antichitate.

În aceeaşi grupă se mai găsesc încă trei elemente: litiul, rubidiul şi cesiul, toate trei făcînd parte din familia metalelor rare.

Litiul, rubidiul şi cesiul, prin răspîndirea lor în natură, nu merită cîtuşi de puțin calificativul de metale rare. Rubidiul face parte din metalele cu a căror bogăție în valoare totală litosfera se poate mîndri : el este de 10 ori mai răspîndit decît cositorul, de 20 de ori decît plumbul şi de 4000 de ori decît mercurul. Litiul şi cesiul, prin clarkurile lor, se situează şi ele înaintea unor metale rare binecunoscute, cum sînt molibdenul şi wolframul.

Spre deosebire însă de sodiu şi potasiu, care formează zăcăminte mari, celelalte metale alcaline sînt extrem de dispersate în natură. Aceasta a făcut ca descoperirea lor să fie destul de tîrzie, iar utilizările de o dată destul de recentă.



Metalele . . . fumătorului!

Primul descoperit, litiul, a fost confundat multă vreme cu potasiul. Identificat ca element într-un mineral în 1817, şi-a primit numele de la cuvîntul grecesc „liteos" — piatră. Mineralele lui fac parte din familia silicaţilor; printre ele se numără frumosul spodumen, colorat în diferite nuanţe: galbene, verzui, roz, violete şi lepidolitul, din familia micelor transparente.

Cesiul şi rubidiul au fost identificate întîia oară în 1860 şi 1861, prin analiza spectrală a unor ape minerale din Germania, rubidiul fiind primul element descoperit pe cale spectroscopică. Ambele elemente au fost botezate după culoarea liniilor caracteristice ale spectrelor, albastre ca cerul în cazul cesiului şi purpurii în cazul rubidiului.

Mineralele cesiului sînt foarte rare. Cesiul se întîlneşte în frumoasele cristale de pollucit, care formează un zăcămînt unic în felul lui în insula Elba, şi în unele varietăţi de beril.

Rubidiul este însă un metal tipic dispers, fără minerale proprii.

Cele mai importante izvoare pentru extragerea metalelor alcaline rare sînt zăcămintele sărurilor de potasiu, care conțin sutimi și miimi de procente de rubidiu și cesiu, servind ca materie primă pentru producerea metalelor noastre disperse.

Metalele alcaline rare le putem găsi nu numai în regnul mineral. Ca și sodiul și potasiul, ele îndrăgesc organismele vii și iau parte la diferite procese vitale în corpul animalelor și al plantelor.

Cu fumul de țigară se răspîndesc în aer nenumărați atomi de litiu și rubidiu. Cenușa adunată în scrumieră este un adevărat concentrat al acestor metale rare: unele sorturi de tutun dau o cenușă cu 0,4% litiu. Rubidiul se întîlnește și în sfecla de zahăr, ceai, cafea, viță de vie. Există vinuri albe care conțin 1 mg/litru rubidiu!

Metalele rare alcaline au dat foarte mult de lucru cercetătorilor pentru găsirea căilor optime de extragere și le mai produc destule greutăți și în prezent. Procedee laborioase, cuprinzînd numeroase operațiuni chimice dificile, duc la obținerea sărurilor pure, iar apoi electroliza topiturilor face să apară și strălucirea argintie a metalului.

Litiul posedă o proprietate interesantă: el este cel mai ușor element dintre toate elementele siste-



— Plutesc chiar pe benzină!

mului periodic (cu excepția, desigur, a celor care sînt gaze în condiții obișnuite). Greutatea lui specifică este de 0,53. Litiul plutește pînă și pe benzină! Rubidiul și cesiul sînt ceva mai grele, avînd greutatea specifică de 1,52 și 1, 87.

Toate sînt metale foarte reactive, se aprind cu ușurință în aer, descompun violent apa și trebuie păstrate cu precauții speciale pentru a nu provoca incendii.

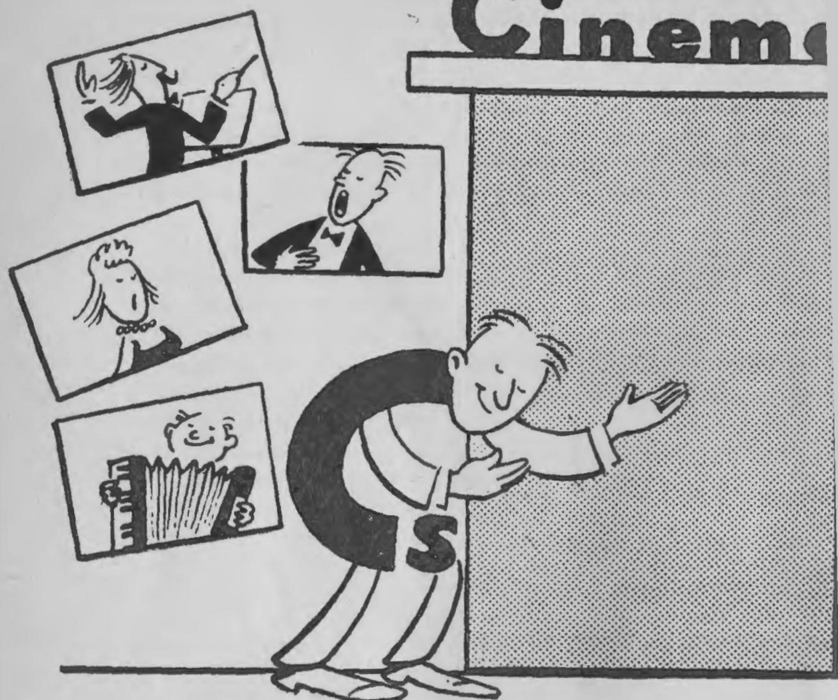
Meritau oare atîta muncă trei metale cu un caracter atît de inflamabil și atît de greu de manipulat? Este destul să spunem că cesiul a făcut să se nască cinematograful sonor, pentru a căpăta un răspuns evident la întrebarea pusă.

METALELE ALCALINE RARE LA LUCRU

100 de ani ne despart astăzi de descoperirea cesiului, cel mai activ și cel mai rar dintre toate metalele alcaline. Doar 30 de ani au trecut însă din clipa care a însemnat o mare cotitură în istoria acestui metal, transformîndu-l într-un material de avangardă al tehnicii moderne. Dar izvoarele celebrității lui trebuie căutate mai înainte, în secolul trecut.

La 26 februarie 1888, savantul rus A. G. Stoletov a făcut în laboratorul de fizică al Universității din Moscova o experiență rămasă celebră. El a legat de polul negativ al unui element galvanic un disc de zinc, iar de cel pozitiv — o plasă de metal așezată în fața discului. S-a obținut în felul acesta un circuit electric deschis. Prin acest circuit nu putea trece curentul, și acul galvanometrului conectat în circuit arăta zero.

Atunci, Stoletov a îndreptat asupra plăcuței de zinc o rază puternică de lumină. Acul galvanometrului a deviat imediat: curentul a început să treacă prin circuit. Stoletov a intensificat lumina și acul



— Mie îmi datorați filmul sonor !

a deviat și mai mult, arătînd o creștere a curentului. Era suficient ca savantul să oprească lumina, pentru ca acul galvanometrului să revină la zero. Rezulta că raza de lumină face să se închidă circuitul electric.

A. G. Stoletov a cercetat foarte amănunțit fenomenul descoperit de el, și a fost primul care i-a formulat legile. El a dovedit că intensitatea curentului este proporțională cu intensitatea luminii care cade pe placa de zinc legată în circuit. Cu alte cuvinte, el a descoperit efectul fotoelectric, iar circuitul pe care l-am descris era primul fotoelement creat de om.

În ce constă efectul fotoelectric?

Se ştie că sarcinile electrice elementare sînt transportate de electroni. Există unele elemente chimice, care sub efectul luminii emit electroni, făcînd să se nască un flux de electroni, adică un curent electric. Un astfel de element este zincul, cu care Stoletov şi-a demonstrat celebra lui experienţă. Electronii, părăsind suprafaţa iluminată a plăcuţei de zinc, se îndreptau către plasa încărcată pozitiv, închizînd în felul acesta circuitul electric.

Cesiul şi rubidiul s-au dovedit a fi materiale extrem de indicate pentru construirea elementelor fotoelectrice (a fotocelulelor), datorită uşurinţei de a emite electroni sub efectul luminii. În cîţiva ani numai de la această descoperire s-a creat o direcţie nouă în electrotehnică — fototehnica. Rolul conducător i-a revenit cesiului.

Celulele fotoelectrice cu cesiu au intervenit în cele mai variate domenii: ele au făcut ca cinematograful mut să pronunţe primele vorbe, au format mozaicul sensibil de pe ecranele primelor televizoare, s-au instalat sub forma „ochilor magici" în aparatele de radio, au făcut să se nască maşini „înzestrate cu vedere". Împreună cu fotocelulele de seleniu, ele au permis introducerea largă a automatizării muncii.

Astăzi, cînd semiconductorii îşi răspîndesc cu generozitate darurile lor în toate domeniile, inclusiv cel al fotoelectricităţii, celulele fotoelectrice mai „bătrîne", cu cesiu şi rubidiu, nu şi-au pierdut de fel actualitatea. Fotocelulele cu cesiu pot recepţiona nu numai undele spectrului vizibil, ci şi pe cele din zonele de infraroşu şi ultraviolet. Domeniul lor de utilizare este foarte larg şi se măreşte continuu.

Dar litiul, despre utilizările căruia nu am amintit pînă acum nimic, este oare un element mai puţin înzestrat?

Cîtuşi de puţin. Numai că el preferă alte domenii. Unul dintre ele este metalurgia. Pe lîngă faptul că el este un dezoxidant puternic, litiul adăugat în cantităţi mici altor metale le îmbunătăţeşte mult

calităţile, fiind un preţios element de aliere. Metalurgia aliajelor cu litiu a căpătat în decursul ultimilor ani o dezvoltare largă.

Litiul s-a îndreptat cu curaj şi spre alte domenii foarte moderne. Compuşii lui, în special clorura, au calitatea de a absorbi foarte activ bioxidul de carbon din aer, purificînd atmosfera din spaţii închise. Această calitate de regenerator al aerului a fost folosită cu succes în submarine, şi cine ştie dacă în curînd compuşii litiului nu vor lua direcţia astrelor, menţinînd aerul curat în cabinele următorilor cosmonauţi. Alţi compuşi ai litiului au intrat în compoziţia unor tipuri de combustibili pentru rachete.

Reprezentanţii „tinerei generaţii a metalelor alcaline" servesc cu credinţă omul pe calea progresului tehnic, pe drumul care duce spre noi realizări măreţe, pentru construirea unei vieţi mai frumoase, mai bogate, mai fericite.

CUPRINS

GALIUL, INDIUL, TALIUL

BERILIUL

LITIUL, RUBIDIUL ȘI CESIUL

Redactor responsabil : BĂLTĂREȚU AURELIAN
Tehnoredactor : TĂNASE GABRIELA

Dat la cules 09.01.1961. Bun de tipar 23.11.1961. Apărut 1961. Comanda nr. 4671. Tiraj 10 140. Hîrtie semivelină de 65 g/m², 840×1080/32. Coli editoriale 8,5. Coli de tipar 11.75. A. 02557. C.Z. pentru bibliotecile mici 8(AR).

Întreprinderea poligrafică „13 Decembrie 1918", str. Grigore Alexandrescu nr. 93-95, București–R.P.R. (comanda nr. 2435)